موسوعة

الحرب الالكترونية



تاليف

الجنرال ا .ي .بالي

البروفيسور ن.ب .مارين

ترجمة

العقيد المهندس المتقاعد

يوسف ابراهيم الجهماني

موسوعة الحرب الالكترونية

* موسوعة الحرب الالكترونية

* تأليف : الجنرال أ .ي .بالي
البروفسور ن . ب . مارين
* ترجمة : العقيد المهندس المتقاعد : يوسف ابراهيم الجهماني
* الطبعة الأولى 1992/ 1000

* التنفيذ : القسم الفني في دار الحوار ـ اللاذقية ص ب 1018 ـ سورية

الغلاف : الفنان محمد حمدان .

موسوعة

الحرب الالكترونية

تاليف

الجنرال ا . ي . بالي

البروفيسور ن . ب . مارين

ترجمـــة

العقيد المهندس المتقاعد

يوسف ابراهيم الجهمـــاني

منذ بداية القرن العشرين ، وبعد ظهور وسائط الاتصال الراديوية في الجيوش والأساطيل ، بدأت الدول المتحاربة القيام بالسطع الراديوي وتشكيل التشويش أثناء خوض الأعمال القتالية . عَقَّد التشويش اللاسلكي قيادة القوات والأساطيل ، التي تتم عن طريق الاتصالات اللاسلكية وأحياناً حال دونها ، الأمر الذي أثر كثيراً على نجاح خوض أعمالها القتالية .

في عام 1905 وفي مجرى الحرب الروسية اليابانية ، سجلت أولى حالات تشكيل التشويش الراديوي . وتعرض هذا العمل لتطور لاحق في الحربين العالميتين الأولى والثانية .

وبمقدار زيادة ظهور وسائط اتصال راديوية في القوات والأساطيل ، ولاحقاً وسائط رادارية ، ملاحية ووسائط توجيه الأسلحة والتكنولوجيا العسكرية ، أخذ نشاط وإمكانيات السطع والتشويش الراديوي يتوسع باضطراد وزاد تأثيرها على مجرى خوض الأعمال القتالية . وفي نفس الوقت ، تطورت أساليب تأمين السرية ضد السطع والحفاظ على جاهزية عمل المحطات اللاسلكية ، واللا سلكية الفنية ، للقوات والأساطيل الصديقة في ظروف تاثير التشويش الألكتروني . وفي مجال الألكترونيات ظهر صراع حاد وطويل ، سمي فيما بعد بالصراع الألكتروني (وحسب أدبيات بعض المصادر العسكرية الغربية ـ الحرب الألكترونية) .

نظراً لذلك ، يجري في جيوش الدول المتقدمة صناعياً إنتاج وتطوير واستخدام تكنولوجيا السطع والاعماء الألكتروني ويوجه مجمل هذا الجهد ضد وسائط العدو الألكترونية أثناء خوض الأعمال القتالية ، وفي نفس الوقت تأمين الاستخدام الأمين والثابت لوسائط الصديق الألكترونية وما يملكه من أنظمة وأسلحة في قواته وأساطيله ، وهذا ما يشكل قاعدة الحرب الألكترونية . ويفهم تحت تعبير الحرب الألكترونية ، كما تشير تحليلات الأدبيات الغربية ، مجموعة التدابير والأعمال لإعماء العدو ألكترونياً وحماية القوات والأساطيل الصديقة، وما تمتلكه من منظومات وأسلحة من الإعماء الألكتروني الموجه ضدها من قبل العدو . والأقسام الرئيسة للحرب الألكترونية هي :

1 ـ الإعماء الألكتروني .
2 ـ الحماية الألكترونية .
3 ـ تدابير تأمين القيام بالحرب الألكترونية .

يتشكل الإعماء الألكتروني من الأساليب والأعمال ، التي تنفذها القوات والأساطيل لإعماء وسائط ومنظومات العدو اللاسلكية واللاسلكية الفنية أو جعلها تلتقط معلومات كاذبة ، بواسطة طاقة الإشعاعات الكهرطيسية أو الهيدروصوتية .

يتم توجيه المعلومات الراديوية الكاذبة من قبل منظومات الحرب الألكترونية بهدف جعل العدو

يتخبط بما يصله من معلومات غير حقيقية نتجت عن العمل الكاذب لمنظومات قوات وأساطيل الصديق اللاسلكية واللاسلكية الفنية ، وذلك باستخدام أساليب تغيير أنظمة عملها أو حينما تعمل على نظام التقليد . وأهم أساليب إنتاج المعلومات الكاذبة هي :

1 ـ نشر وسائط لاسلكية ولاسلكية فنية وأهداف كاذبة .

2 ـ الدخول المقصود على الشبكات الرئيسة والفرعية للاتصالات اللاسلكية المعادية وإرسال معلومات وأوامر كاذبة عبرها .

3 ـ تشويه مضمون الإشارات والنداءات .

4 ـ زيادة نشاط عمل الوسائط اللاسلكية واللاسلكية الفنية على الاتجاهات الثانوية مع الحفاظ على نظام العمل على الاتجاه الرئيس .

تستطيع الأساليب المذكورة سابقاً مع تدابير أخرى لإصدار معلومات كاذبة إظهار انطباع لدى العدو عن تمركز القوات وتحضير لأعمال قتالية ، في مواقع غير حقيقية . وعلمتنا تجارب الحروب ، أنه يمكن تجنب الخداع الراديوي فقط ، عندما نستطيع إعماء وسائط الخداع الراديوية كاملة وذلك بواسطة وسائط التشويش ، التي تقلد الأهداف وحركتها وإصدار إشارات خداعية تجعل عمال الأجهزة اللاسلكية واللاسلكية الفنية يقعون بالضياع أثناء محاولاتهم التمييز بين الإشارات الكاذبة والحقيقية .

فحسب وجهة نظر الأخصائيين العسكريين الغربيين ، يكون الخداع في المعلومات الراديوية ناجحاً فقط ، في تلك الحالة ، التي ننفذه فيها بالتوافق مع التدابير التي توقع العدو في متاهة ومنها : معلومات دعائية كاذبة ؛ إشاعات عن طريق العملاء ؛ تقليد انتقال القوات ؛ شغل شبكة الطرقات ؛ تحميل ونقل الحمولات ؛ تشييد مخازن كاذبة ؛ تقليد رفع درجة استعداد القوات ، نشاط جوي ملحوظ وغيرها .

ويجب الإشارة هنا إلى أن الغرب لا يسمح لصحافته بنشر معلومات عن طرق وتدابير الخداع الألكتروني .

إن الحماية الألكترونية هي مجموعة التدابير القائمة على تأمين العمل الفعال والأمين للوسائط اللاسلكية واللاسلكية الفنية في ظروف تأثير وسائط الحرب الألكترونية المعادية . ويتم التوصل إلى ذلك بالحفاظ على سرية عمل هذه الوسائط وعدم فضحها من قبل وسائط السطع الألكترونية المعادية وحمايتها من الإعماء الألكتروني ومراقبة طرق بث هذه الوسائط التابعة للقوات والأساطيل وأنظمة التسلح .

أما الإجراءات الواجب القيام بها لتأمين الحرب الألكترونية فهي : البحث ، الالتقاط ، تحليل المعلومات ، التعارف وتحديد مواقع وسائط العدو اللاسلكية واللاسلكية الفنية ، وتقدير الأشد

خطورة منها للقيام بإعمائها ألكترونياً وإرسال معلومات الدلالة عنها إلى أسلحة التدمير الصديقة وأخيرا توجيه أعمال القوات والوسائط النارية الصديقة .

تعتبر تدابير الحرب الألكترونية ، التي تنفذ بالتنسيق مع النيران والمناورات ، عاملاً هاماً لرفع الطاقة القتالية للقوات والأساطيل والأسلحة . ويصنفون هذه التدابير بالهجومية (الإيجابية) والدفاعية (الحماية والتدابير السلبية) . ينتمي إلى التدابير الهجومية ، التي تعتبر العمل الرئيس من أعمال الحرب الألكترونية ، الإعماء الألكتروني للعدو ، أما للتدابير الدفاعية فتنتمي الحماية الألكترونية بهدف تأمين العمل الأمين للوسائط اللاسلكية واللاسلكية الفنية للقوات والأساطيل والأسلحة الصديقة . ويجري تنسيق تدابير وأعمال الحرب الألكترونية مع خطط الأعمال القتالية للقوات وسلاح الجو والأساطيل وربطها معها .

ونظراً لاتساع استخدام الوسائط اللاسلكية واللاسلكية الفنية ومنظومات الاستطلاع المؤتمتة لتوجيه أسلحة الدقة العالية في جيوش الدول الرأسمالية ، ارتفع دور وأهمية الحرب الألكترونية والاستطلاع الألكتروني بشكل ملحوظ جداً . وأقدمت الدول الرأسمالية على تنظيم الالتقاط المستمر وتحليل الإشعاعات الكهرطيسية والهيدروصوتية وتحديد الاتجاه إلى مصادرها بواسطة منظومات سطح أرضية وجوية وبحرية وفضائية . ويجري العمل على قدم وساق لتطوير أساليب ووسائط الحرب الألكترونية وإنتاج الحديث منها ، حسب المعلومات التي يتم الحصول عليها . وهذا بدوره يؤثر تأثيراً هاماً على منطق ومجرى العملية (المعركة) ، الأمر الذي تؤكده خبرة الحروب الإقليمية ، التي تديرها الدول الرأسمالية في مختلف بقاع العالم .

- أدت النجاحات في مجالي العلم والتكنولوجيا ، خاصة في مرحلة ما بعد الحرب العالمية الثانية ، إلى تحقيق ثورة في المجال العسكري . إذ أصبحت المنظومات الألكترونية تستخدم على نطاق واسع لتوجيه القوات والسلاح .

ينتمي إلى هذه المنظومات : محطات اللاسلكي الموجه ، محطات الرادار ، محطات الملاحة الرادارية ، محطات السطع اللاسلكية واللاسلكية الفنية ، محطات توجيه المقرات بالراديو ، محطات التحكم عن بعد ، محطات التلفزة ، محطات التعارف ومحطات الأشعة تحت الحمراء .

تستخدم الوسائط الراديوية الفنية بشكل واسع في الطيران ، قوات الدفاع الجوي ، القوات البرية وفي الأسطول .

تقوم محطة الإتصال اللاسلكي بمهمة وصل الطاقم الطائر مع قيادته .

تؤمن منظومة الكشف والتوجيه الراداري للطائرة القاذفة كشف ومراقبة سطح الأرض والمجال الجوي وتوجيه النيران عند عدم توفر الرؤية البصرية .

تؤمن وسائط الملاحة الراديوية قيادة الطائرة بغض النظر عن الرؤية البصرية أو عدمها للعلامات الملاحية الأرضية .

تستخدم وسائط التوجيه الراديوية لتوجيه القذائف الصاروخية إلى الأهداف المعادية الأرضية ، كما أنها تقوم بتوجيه الطائرات بدون طيار والطوربيدات وغيرها .

تستخدم الوسائط التلفزيونية في الطائرات لسطع الأهداف الأرضية .

تؤمن منظومة السطع ، التي تعتمد على الأشعة تحت الحمراء سطع الأهداف وتوجيه الصواريخ . أما رؤوس التوجيه الذاتي ، التي تستخدم مثل هذا النوع من الأشعة فتستخدم ضد الصواريخ والسفن دون الحاجة للإنارة الراديوية للهدف ، الشيء الذي يؤمن السرية في عملها .

يعتمد الدفاع الجوي على الاستخدام الواسع لمحطات الرادار ، والاتصال اللاسلكي والتحكم عن بعد بواسطة الراديو .

تقوم محطات الرادار بكشف الأهداف الجوية وقياس أحداثياتها وتؤمن المعلومات عن نوايا وإمكانيات العدو وتسمح لنا بالتوزيع الصحيح لقذائفنا على الأهداف .

تستخدم أنظمة التوجيه الراديوي عادة لتوجيه المطاردات وأسلحتها ، من صواريخ جوية موجهة ومدفعية جوية .

يسمح استخدام الوسائط الراديوية الفنية لجميع مكونات منظومات الدفاع الجوي ملاحقة التغيير في المسرح الجوي وتوصيل المعلومات عن نوايا العدو بوقتها إلى القوات .

تستخدم الوسائط الراديوية الألكترونية بشكل واسع في الأسطول الحربي البحري لتأمين الاتصال اللاسلكي ، ملاحة السفن ، كشف الأهداف السطح ـ بحرية ، كشف الأهداف التحت بحرية والأهداف الجوية لتوجيه السلاح الصاروخي ومدفعية السفن .

تغص القوات البرية بمختلف أنواع وسائط الاتصال اللاسلكية والمحطات اللاسلكية الموجهة ، محطات الرادار لكشف مسرح الأعمال القتالية وسطع مواقع الهاون والمدفعية ومواقع الإطلاق الصاروخي ، وتصحيح نيران المدفعية وغيرها .

من كل ما ورد نرى الأهمية الكبرى للوسائط الراديوية الفنية وتأمين عملها الأمين وإعاقة عمل الوسائط الراديوية الفنية المعادية .

نتوصل إلى إمكانية الصراع الألكتروني ضد العدو بتشكيل تشويش ألكتروني إيجابي وسلبي . يتم تشكيل التشويش الألكتروني والإيجابي بواسطة مرسلات راديوية خاصة . أما التشويش السلبي فينتج من جراء انعكاس الأمواج الكهرطيسية ، المرسلة من الوسائط الراديوية الفنية المؤثر عليها عن المواقع الطبيعية والاصطناعية .

يتم تأمين الحصول على المعلومات عن الوسائط الراديوية الفنية المعادية عن طريق التقاط وتحليل الإشارات ، المحصول عليها من وسائط السطع الراديوية الفنية . وتستخدم معطياتها بشكل خاص عند تنظيم المعاكسة الألكترونية للعدو .

يتم تنفيذ أساليب رفع مستوى الحماية من التشويش الصادر عن الوسائط الراديوية الفنية بهدف القضاء على التشويش أو التقليل قدر الإمكان من فاعليته وتأثيره .

يعيق تمويه الأهداف المتباينة رادارياً عن الكشف الراداري ، التعرف على الهدف أو يقلل إلى حد بعيد من مدى عمل محطات السطع الراداري المعادية .

يتعرض هذا الكتاب لجميع المسائل الوارد ذكرها آنفاً . ويعير الاهتمام الأكبر لعملية الصراع الألكتروني والسطع اللاسلكي الفني (سطع الوسائط الراديوية الفنية) كما ينظر في طرق تمويه المواقع المتباينة رادارياً عن السطع الراداري ، وتدمير الوسائط الراديوية الفنية وزيادة مقدرة هذه الوسائط على الحماية من التشويش .

كما يضم هذا الكتاب بين دفتيه ، المؤلف بالاعتماد على المصادر الصحفية الغربية اللاسرية ، على وصف مختصر لمنظومات الدفاع الجوي في الدول الرأسمالية في الوقت الحاضر ودراسة لأساليب المعاكسة الألكترونية لوسائطها اللاسلكية واللاسلكية الفنية . كما يعرض طرق تشكيل مختلف أنواع التشويش الألكتروني الإيجابي ويصف تلك المستخدمة منها ضد كل واسطة من الوسائط . ونجد فيه عرضاً لأهم أساليب سطع الوسائط اللاسلكية واللاسلكية الفنية وطرق تقييم فاعلية أساليب المعاكسة الألكترونية المستخدمة .

يتم تأمين الإعماء الألكتروني بتنفيذ الإجراءات التالية :

1 ـ التشويش الألكتروني .
2 ـ استخدام أهداف خداعية ومصائد .
3 ـ التأثير على وسط انتشار الأمواج الكهرطيسية والهيدروصوتية .
4 ـ التمويه البصري والراديوي للأعتدة العسكرية والأهداف وأطقم القوات .
5 ـ الخداع الألكتروني للعدو .

وحسب نوع الإشعاعات ، المؤثرة على الوسائط اللاسلكية واللاسلكية الفنية ، يقسمون الحرب الألكترونية إلى الإعماء الألكتروني ، الذي يستخدم طاقة الأمواج الكهرطيسية والهيدروصوتية ، التي تستخدم طاقة الأمواج الصوتية ، والإعماء الهيدروصوتي للوسائط الهيدروصوتية (محطات الأزدك) في الوسط المائي . ويمكننا اصطلاحياً تقسيم الإعماء الكهرطيسي إلى الإعماء

الراديوي ، الذي يتم في مجال الأمواج الراديوية ، التي تعمل فيها وسائط الاتصال اللاسلكية ومحطات الرادار ومحطات الملاحة الرادیویة ومنظومات التوجيه الراديوية وغيرها ، والإعماء الضوئي (الضوئي - الألكتروني) ، الذي يتم ضمن القطاع الضوئي من الأمواج الكهرطيسية ، التي تعمل خلالها التجهيزات البصرية الضوئية (تحت الحمراء ، فوق البنفسجية وأشعة اللايزر) .

الباب الأول

تعاريف رئيسة وأنواع التشويش الالكتروني



أولاً - تعريف مفهوم التشويش الالكتروني .

هو عبارة عن إشعاعات كهرطيسية أو هيدروصوتية غير مدمرة ، تقوم بتخفيض نوعية عمل الوسائط الألكترونية والهيدروصوتية القائمة على توجيه الأسلحة والعتاد العسكري أو منظومات إنتاج المعلومات . وبتأثيره على أجهزة الاستقبال ، يقوم التشويش بتقليد الإشارات المسجلة على القسم الأخير من التجهيزات أو تشويهها . وبهذا يعقد عملية تمييز المعلومات المفيدة أو يحول دون ذلك . أما فيما يخص المحطات اللاسلكية أو محطات رادار كشف الأهداف ، فإنه يقوم بخفض مدى عملها ويحد من دقة عمل منظومات التوجيه المؤتمتة . وتحت تأثير التشويش يمكن للتجهيزات الألكترونية والمنظومات أن تعجز عن أن تصبح مصادراً للمعلومات ، بغض النظر عن جاهزيتها الفنية وقدرتها على العمل .

ونظراً لأنه من غير الممكن إعماء الوسائط الألكترونية الراديوية المختلفة بواسطة نوع واحد من التشويش ، يستخدمون لكل صنف ما يناسبه من التشويش (محطات الرادار ، محطات الملاحة الراديوية ، محطات الاتصال اللاسلكية ، أجهزة أشعة لايزر ، أجهزة الأشعة تحت الحمراء وغيرها) . ويضاف إلى ذلك أنه لإعماء عدة وسائط من نوع واحد ، يستخدمون أشكالاً مختلفة من الإشارات حتى بطرق إنتاجها وبمجالاتها الترددية وبمواصفاتها الأخرى .

ثانياً - أنواع التشويش الالكتروني :

يصنف التشويش الألكتروني حسب دلائل مختلفة . فحسب طبيعته يصنفونه إلى تشويش طبيعي وتشويش اصطناعي .

إن التشويش الطبيعي ، هو كل تشويش يصدر عن الطبيعة : الأوتموسفيري ؛ الذي تشكله الأعمال الكهربائية الجارية ضمن مجال طبقة الأوتموسفير وبشكل رئيس تفريغ شحنات الرعد الفضائي ؛ الذي يتشكل من إشعاعات الشمس والنجوم والمجرة الكهرطيسية ، العشوائي ؛ المشكل من إشعاعات غلاف القشرة الأرضية الكهرطيسية العشوائية ، المتسببة عن تيارات الجزيئات المشحونة

في طبقتي التأين والمغنطة ، والإشعاعات الراديوية الصادرة عن نيران الحرائق وأحزمة الأرض الراديوية وعن إشعاعات المشكلات الميتورولوجية (الأمطار ، الثلوج ، الغيوم والبرد) ، وعن سطح الأرض والبحار والأنهار ، وعن الضجيج الهيدروصوتي للمحيطات والبحار وغيرها .

يتشكل التشويش الاصطناعي بواسطة تجهيزات ، تشع طاقة اهتزازات كهرطيسية أو من قبل عواكس ، تتصف بعكس طاقة الأمواج الكهرطيسية الواردة إليها . وحسب مصدر تشكيل هذا التشويش نميز بين نوعين منه ، الأول هو التشويش غير المقصود ، ينتج في مصادر ذات طبيعة اصطناعية (مرسلات الوسائط اللاسلكية واللاسلكية الفنية والهيدروصوتية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وغيرها) ، والثاني هو المقصود المشكل خصيصاً لإعماء الوسائط اللاسلكية واللاسلكية الفنية والهيدروصوتية .

سندرس هنا التشويش الألكتروني المقصود ، المشكل أثناء مجرى الحرب الألكترونية .
ويصنف هذا النوع من التشويش حسب الآتي :

تصنيف التشويش الالكتروني

(يعيق الإشعاعات الكهرطيسية والهيدروصوتية ويخفض نوعية أداء الوسائط اللاسلكية واللاسلكية الفنية والهيدروصوتية والأسلحة والعتاد الفني) .

1 ـ حسب طبيعة الإشعاعات :

أ ـ الإشعاعات الكهرطيسية ـ توجه ضد الوسائط اللاسلكية واللاسلكية الفنية العاملة على مبدأ استقبال وتضخيم وتحويل الأمواج الكهرطيسية .
ب ـ الإشعاعات الهيدروصوتية ـ توجه ضد الوسائط الهيدروصوتية (محطات الآزدك) ، العاملة على مبدأ استقبال وتضخيم وتحويل الأمواج الصوتية .

2 ـ حسب طريقة التشكيل (الإنتاج) :

آ ـ التشويش الإيجابي ضد الوسائط الألكترونية ـ وهو عبارة عن تشويش ألكتروني ، تشكله الطاقة الصادرة عن مصادر التشويش (مولدات أو معيدات إرسال) .
ب ـ التشويش السلبي ضد الوسائط الألكترونية ـ وهو عبارة عن تشويش ألكتروني ، يشكل نتيجة انعكاس أو تناثر طاقة الأمواج الكهرطيسية (الهيدروصوتية) الواردة إلى الأهداف أو الأوساط

3 ـ حسب طبيعة تأثيرها على الوسائط الألكترونية :

أ ـ تشويش تمويهي ـ هو تشويش يعيق كشف وتمييز وتحديد مواصفات الإشارات المفيدة للوسائط الألكترونية العاملة .

ب ـ تشويش تقليدي ـ هو تشويش يشكل معلومات (إشارات) خداعية في الوسائط الألكترونية المعادية العاملة .

4 ـ حسب نسبة عرض طيف التشويش إلى ما يقابله في الإشارات المفيدة :

أ ـ تشويش تسديدي ـ تشويش يبث على التردد العامل للواسطة المستهدفة .

ب ـ تشويش حاجبي ـ تشويش ذو عرض طيف أكبر من المجال الإمراري الترددي لإشارة الواسطة المستهدفة .

جـ ـ تشويش تسديدي ـ حاجبي ـ تشويش ماسح ومتغير ، يتميز بالتبديل الدائم لتردد إرساله ضمن المجال الإمراري الترددي للواسطة المعادية المستهدفة .

5 ـ حسب هيكلية (طبيعة) الإرسال :

أ ـ تشويش مستمر ـ تشويش معدل سعوياً أو ترددياً أو طورياً أو بجهد ضجيجي .

ب ـ تشويش نبضي ـ تشويش على شكل سلسلة من نبضات معدلة أو بدون تعديل .

6 ـ حسب استطاعة الإرسال :

آ ـ تشويش ضعيف ـ مستوى طاقته لا يزيد عن مستوى طاقة الإشارات المفيدة . ويؤدي هذا النوع من التشويش إلى فقدان 25% من المعلومات المفيدة ويحد من مقدرة الوسائط الألكترونية في تنفيذ مهامها .

ب ـ تشويش متوسط الاستطاعة ـ مستوى طاقته يقارب طاقة إشارات الوسائط الألكترونية المستهدفة أو يزيد عنها . ويؤدي هذا النوع من التشويش إلى فقدان 50% من المعلومات المفيدة ويحد أيضاً من مقدرة الوسائط الألكترونية على تنفيذ مهامها .

حـ ـ تشويش قوي الاستطاعة ـ مستوى طاقته يزيد كثيراً عن طاقة إشارات الوسائط المستهدفة ، ويؤدي هذا النوع من التشويش إلى فقدان 75% من المعلومات المفيدة وإيقاف الوسائط الألكترونية المستهدفة عن تنفيذ مهامها كلياً .

ونشرح هنا هذا التصنيف بتفصيلات أكثر :

فحسب شكل الإشعاعات المستخدمة ، التي طاقتها تؤثر على الوسائط الألكترونية الراديوية ، يقسم التشويش الألكتروني إلى تشويش كهرطيسي وتشويش هيدروصوتي . إن هذين النوعين من التشويش لايعتبران من وسائط التدمير ، لكنهما يقومان بتخفيض درجة الأداء النوعي للوسائط الألكترونية الراديوية ، العاملة على مبدا استقبال وتضخيم وتحويل الأمواج الكهرطيسية والهيدروصوتية . ويسمى التشويش الكهرطيسي المشكل ضمن مجال الإشعاعات الراديوية بالتشويش الراديوي ، أما ذلك المشكل ضمن مجال الإشعاعات الضوئية فيسمى بالتشويش الضوئي (بصري - ألكتروني) . ويسمى التشويش المشكل ضمن مجال الأمواج الصوتية ، تحت الماء ، بالتشويش الهيدروصوتي .

ويقسم التشويش الاصطناعي حسب طريقة التشكيل إلى تشويش إيجابي ، يتم توليده من قبل مرسلات تشويش متخصصة ، وتشويش سلبي ، يتشكل نتيجة انعكاس وتناثر الأمواج الكهرطيسية (الهيدروصوتية) ، المرسلة من الوسائط الراديوية الألكترونية ، عن مواقع الأهداف .

وحسب طبيعة التاثير على الوسائط الألكترونية الراديوية يميزون بين التشويش التمويهي والتشويش التقليدي .

ويقوم التشويش التمويهي بإضعاف مواصفات تجهيزات استقبال الوسائط الألكترونية الفنية ، الأمر الذي يزيد من عدد الرموز المستقبلة ، التي تنقص من احتمال وصول المعلومات الأمينة (الحقيقية) إلى الوسائط ، ويشكل خلفية إشعاعية فيها ، تعمل على تعقيد إمكانية تمييز الإشارات المفيدة وفضحها أو الحيلولة دون ذلك نهائياً . ومع زيادة طاقة هذا النوع من التشويش تنمو إمكانية تأثيرها على الوسائط .

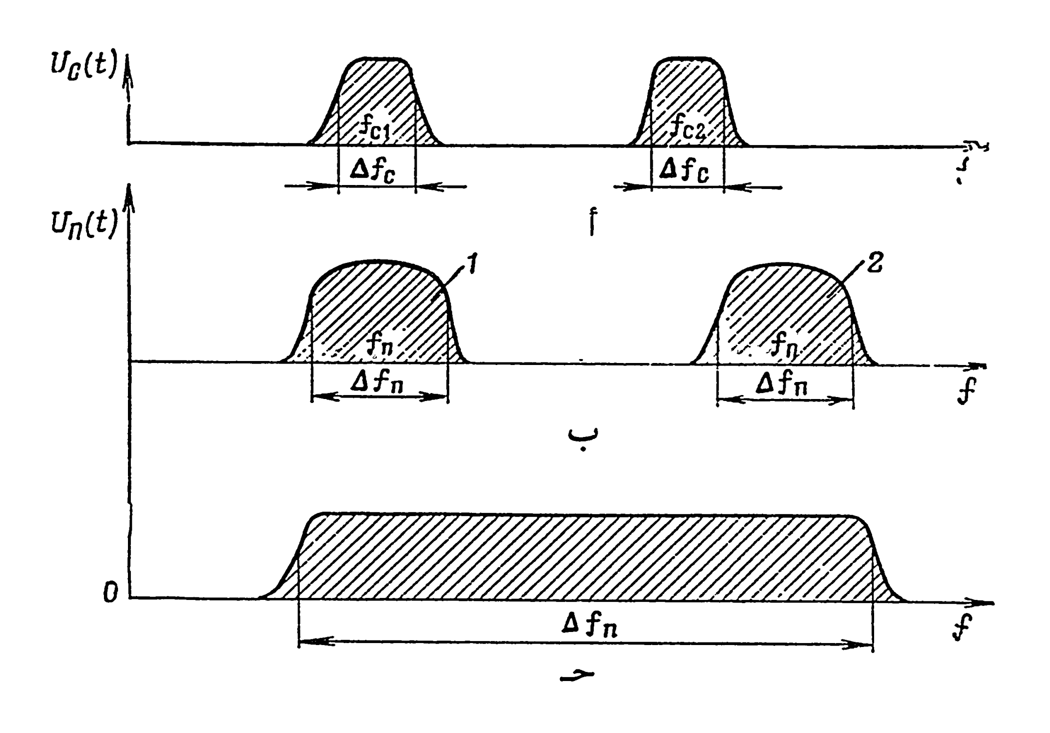
إن التشويش التقليدي (الكاذب) هو عبارة عن إشارات ترسل من محطات تشويش خاصة لتوصيل معلومات كاذبة إلى الوسائط المستهدفة . وبتركيبها تعتبر قريبة من الإشارات المفيدة ، ولهذا تشكل في تجهيزات عرض الوسائط الألكترونية الراديوية إشارات أو علامات لأهداف كاذبة مشابهة للأهداف الحقيقية ، ويقوم هذا النوع من التشويش بخفض القدرة الإمرارية للمنظومة المستهدفة ، وتجعل عمال المنظومة يقعون في متاهة ويؤدي إلى فقدان جزء من المعلومات المفيدة ويزيد من احتمال صدور إنذارات كاذبة . وبتأثير هذه الإشارات الكاذبة على منظومات توجيه الأسلحة ، تستطيع قطع دارة الملاحقة الأوتوماتيكية للأهداف بالاتجاه وبالمسافة وبالسرعة ،وتجعلها تلاحق تلك الأهداف التشويشية الكاذبة ، إلى جانب أنها تدخل أخطاءً في ملاحقة الأهداف . ويجدر الإشارة هنا إلى أن التشويش التمويهي (الكاذب) لا يؤثر على مواصفات تجهيزات الاستقبال المستهدفة .

ويظهر أثر هذا النوع من التشويش على نوعية المعلومات المنتجة بسبب إدخال تجهيزات

الاستقبال لجميع الإشارات الكاذبة والحقيقية . وهذا الأمر يؤثر جلياً على المقدرة على اتخاذ القرارات الصحيحة في التصدي للأهداف .

وحسب طريقة توجيه التشويش والتناسب بين عروض أطيافه وأطياف الإشارات المفيدة ، يميزون بين نوعين في التشويش التمويهي ، هما : التشويش التسديدي والتشويش الحاجبي ، انظر الشكل (1) .

يتميز التشويش الحاجبي بعرض طيف ترددي ، يزيد كثيراً عن عرض المجال الإمراري للإشارات المفيدة ، الأمر الذي يقدم إمكانية إعماء عدة وسائط ألكترونية راديوية دفعة واحدة بدون التحكم الدقيق بمرسل التشويش ترددياً . ويمكننا تشكيل هذا النوع من التشويش دون الحصول المسبق على معلومات دقيقة عن مواصفات إشارات الوسائط الألكترونية الراديوية المستهدفة .



الشكل (1)

التناسب بين أطياف إشارات الوسائط الألكترونية الراديوية (أ) ، والتشويش التسديدي (ب) والتشويش الحاجبي (حـ) .

1 . التشويش يتطابق ترددياً مع إشارات الوسائط الألكترونية الراديوية .

2 . التشويش لا يتطابق ترددياً مع إشارات الوسائط الألكترونية الراديوية .

يتميز التشويش الحاجبي بخاصة مفادها أنه أثناء ثبات استطاعة مرسل التشويش تنخفض قيمة كثافة الاستطاعة G_T.(واط/ ميغاهيرتز) كلما زاد عرض طيف إشعاعاته . وعندما يكون عرض الطيف متغيراً بانتظام نحصل على قيمة كثافة الاستطاعة بتقسيم الكمون الطاقوي لمرسل التشويش $P_{TN}.G_{TN}$.على عرض الطيف الترددي للتشويش Δf_n . والمعادلة التالية تعبر عن هذه العلاقة فيما يخص التشويش الحاجبي المُتراض .

$$G_T = \frac{P_{TN}.G_{TN}}{\Delta f_T};$$

فعلى سبيل المثال ، إذا كانت استطاعة مرسل التشويش 5000 واط ، ويتراوح طيف ترددات إشاراته من (ميغاهيرتز f_1=9500) إلى (ميغاهيرتز f_2=10000) (ميغاهيرتز Δf=500) نحصل على الآتي :

$$G_T = \frac{5000}{500} = 10;$$

أما التشويش التسديدي فيتميز بعرض طيف ترددي قريب من عرض طيف إشارة الواسطة الألكترونية الراديوية المستهدفة (يساويه أو يزيد عنه بـ «2–1,5» مرة) . فعلى سبيل المثال ، يمتلك التشويش التسديدي الراداري عرضاً يتراوح بين 5 إلى 10 ميغاهيرتز . وتتعلق فاعلية هذا النوع من التشويش بدقة تطابق تردده مع تردد الإشارة وبطيف كثافة استطاعة الإشارات المستقبلة من قبل مستقبل الواسطة الألكترونية الراديوية وبطرق التعامل معها فيه . وتتعلق قيمة الخطأ المسموح به أثناء توليف مرسل التشويش لحصول تأثير إعمائي معين بعرض طيف التشويش وبالتناسب بين الكثافة الطيفية لاستطاعة التشويش وإشارة الواسطة الألكترونية الراديوية المستهدفة ، ولبعض أنواع الإرسالات يجب أن لا يزيد عن نصف عرض المجال الإمراري للمستقبل ، ويجب أن يتطابق التردد الأوسطي لطيف التشويش مع التردد الحامل للواسطة المستهدفة تقريباً . وبما أن الواسطة الألكترونية الراديوية تتميز بإمكانية سريعة في تغيير التوليف ترددياً ، أخذ بعين الاعتبار أن تتضمن محطات التشويش التسديدي على منظومة معقدة لكشف الإشارات والتحكم بتردد المرسل ضمن مجال إمراري واسع .

يتميز التشويش التسديدي بكثافة استطاعية طيفية عالية . وبما أنه يرسل خلال مجال إمراري ترددي ضيق ، فإننا نستطيع إنتاجه بواسطة مرسلات تشويش ذات استطاعة صغيرة . فعلى سبيل المثال ، يستطيع مرسل التشويش ذي استطاعة الإرسال التي لا تزيد عن 150 واط و100= $G_{T\,N}$تشكيل كثافة استطاعية ، ضمن مجال إمراري قدره 5 ميغاهيرتز ، تساوي 3000 واط/ميغاهيرتز، وضمن مجال

إمراري قدره 5 و0ميغاهيرتز ، 30 كيلو واط/ ميغاهيرتز .

تعتبر طريقة تشكيل تشويش منزلق ترددياً ، عن طريق التغيير السريع في تردد مرسل التشويش بإنتاجه تشويش مجاله الترددي ضيق ضمن طيف ترددي واسع ، من طرق تشكيل التشويش التسديدي . وبفضل هذا تتركز ، في المجال الترددي لكل قنال من أقنية واسطة ألكترونية واحدة أو أكثر ، كثافة عالية من الاستطاعة ، تكون كافية لتنفيذ عملية الإعماء . إلا أنه إذا امتلكت هذه الوسائط على دارات حماية فإن تأثير هذا النوع من التشويش ينخفض ، إذا قارناه بذلك التشويش التسديدي المشكل بواسطة مرسل لا يمتلك إمكانية الانتقال من تردد إلى آخر .

والعيب الرئيس للتشويش التسديدي هو عدم قدرته على إعماء عدة وسائط ألكترونية راديوية تعمل ضمن مجال ترددي معين دفعة واحدة .

أما حسب الهيكل (التركيب) الزمني للإشعاعات ، فيقسم التشويش الألكتروني إلى تشويش مستمر وتشويش نبضي . فالتشويش المستمر عبارة عن إشعاعات كهرطيسية (هيدروصوتية) مستمرة معدلة بالتردد أو بالسعة أو بالطور . أما التشويش النبضي فهو عبارة عن نبضات راديوية معدلة أو غير معدلة .

وحسب مقدار التاثير على الوسائط الألكترونية الراديوية يصنف التشويش التمويهي إلى تشويش ضعيف ، متوسط القوة وقوي .

البـاب الثاني

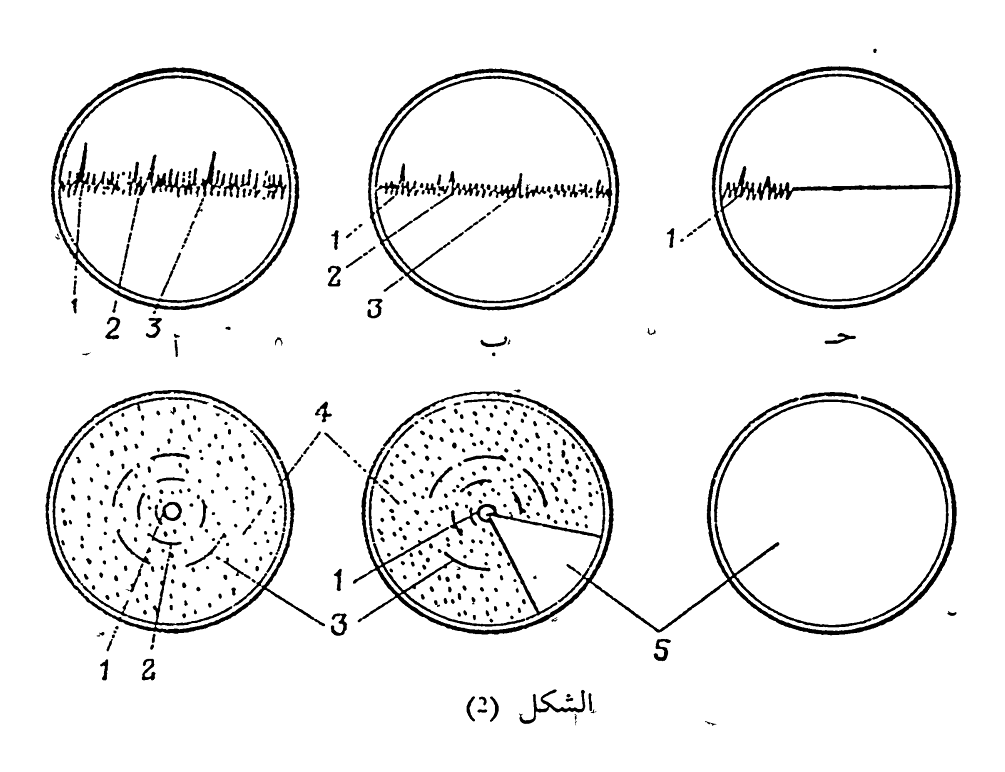
التشويش الالكتروني الايجابي

أولاً - أشكال التشويش الإيجابي وطرق تشكيلها .

يمكن للتشويش الألكتروني الإيجابي أن يكون معدلاً أو دون تعديل . يتصف التشويش غير المعدل بثبات مطال وتردد وطور الاهتزازات المرسلة ، أما التشويش المعدل فيتميز بالتغير المستمر لمواصفات اهتزازاته المرسلة .

يتم تشكيل التشويش غير المعدل بواسطة اهتزازات مستمرة متناسقة (منسجمة) ، تُبث على التردد العامل للواسطة الألكترونية الراديوية المستهدفة أو ضمن مجالها الترددي الإمراري . أحياناً ، يمكن استخدام مثل هذا النوع من التشويش لإعماء بعض منظومات التصوير البرقية اللاسلكية ومحطات الرادار . ويظهر أثناء تأثيرها على تجهيزات الاستقبال علامة ، على شاشة محطة الرادار ، ذات مطال ينخفض في البداية ، وما تلبث بعدها أن تختفي (انظر الشكل 2) . وفي نفس الوقت يلاحظ بشكل واضح انخفاض مستوى الضجيج الداخلي لتجهيزات الاستقبال والعرض . وأحياناً ، لا نلاحظ على شاشة محطة الرادار أي تشويش أو أية علامات تدل على أغراض محلية . يشاهد التشويش غير المعدل على شاشة المسح الدائري لمحطات الرادار على شكل قطاع واضح باتجاه مصدر التشويش . ويتعلق عرض هذا القطاع باستطاعة مرسل التشويش وبعرض المخطط الأحداثي لإشعاعات هوائي محطة الرادار وبمستوى وريقاته الجانبية .

عندما لا يتطابق تردد التشويش مع تردد الإشارة ، يمتلك المطال الملتوي لمحصلة الجهد شكلاً اهتزازياً متناسقاً . وتحصل نبضات الفيديو (الرؤيا) عند خرج الكاشف على تشويه في شكلها وإضعاف للإشارة المفيدة . أما عند مخرج مستقبل الهاتف الراديوي فنسمع التشويش غير المعدل على شكل لحن الفرق الترددي ، الأمر الذي يعيق استقبال المعلومات المرسلة .



الشكل (2)

التشويش غير المعدل على شاشات محطات الرادار .

أ ـ تشويش ضعيف ؛ ب ـ تشويش متوسط القوة ؛ حـ ـ تشويش قوي ؛

1 ـ إشارة سبر محطة الرادار ؛ 2 ـ الإشارات المنعكسة عن أغراض محلية ؛
3 ـ إشارة منعكسة عن الهدف ؛ 4 ـ قطاع شاشة جهاز العرض المضاء بالضجيج ؛
5 ـ قطاع شاشة جهاز العرض المضاء بضجيج قوي .

يتم تشكيل التشويش المعدل بتغيير مواصفة أو أكثر من مواصفات الاهتزازات الحاملة في مرسل التشويش . ويمكن هذا النوع من التشويش أن يمتلك شكل إشارات مستمرة أو نبضية لاهتزازات كهرطيسية .

إن التشويش المستمر عبارة عن اهتزازات معدلة سعوياً أو ترددياً (طورياً) أو معدلة سعوياً وترددياً (طورياً) في نفس الوقت . وحسب نوع التعديل ، يميزون التشويش المعدل سعوياً عن التشويش المعدل ترددياً وعن التشويش المعدل سعوياً وترددياً في آن واحد . وكجهد معدل يمكننا استخدام جهد التشويش ، الذي هو عبارة عن تشويش ضجيجي .

يتشكل التشويش المعدل سعوياً في حالته البسيطة عن طريق تعديل سعة الاهتزازات الحاملة في مرسل التشويش بواسطة اهتزازات منسجمة أو ضجيج سائح . ونتيجة للتعديل تتغير ملتوية الاهتزازات ذات التردد الحالي ، وذلك حسب نوع الجهد المعدل ، ويحصل تمويه لإشارة التشويش في القناة .

يمتلك هذا النوع من التشويش على الشاشة ذات العلامات المطالية شكلاً شريطياً مضيئاً موجياً ، أما على شاشات المسح الدائري فيكون عبارة عن خطوط قطرية وقطاعات مضيئة مشوهة (ذات انحرافات) . تتشكل عدة أشرطة مضيئة من جراء تاثير التشويش الوارد عن طريق الوريقات الجانبية لمخطط الإشعاع الأحداثي لهوائي محطة الرادار المستهدفة . وعند تكرر الإشارات بترددات ذات مضاعفات مشتركة لجهد التشويش المعدل وجهد جهاز العرض السابر ، تظهر الصورة على الشاشة غير متحركة . فعملياً ، نتيجة عدم توازن التردد ، يتم خرق علاقة المضاعفة لترددات الإشارات ، وعندها تتحرك صورة التشويش على طول خط اللمعان على شكل أشرطة ذات إضاءة غامزة . وبهذا الشكل ، يتم نتيجة تاثير التشويش المعدل سعوياً تمويه أو تشويه للإشارة المفيدة . إلى جانب ذلك ، يُحدث تأثير الفرق الترددي بين الإشارة والتشويش ، في تجهيزات الاستقبال ما يسمى زيادة الحمل على مضخمات التردد المتوسط ، المترافقة بإعماء الإشارات المفيدة وتشويه في أشكالها ، كما يحدث عند تاثير التشويش غير المعدل . يمكن استخدام مثل هذا النوع من التشويش لإعماء الاتصالات اللاسلكية وأنظمة الملاحقة الأوتوماتيكية للأهداف بالإحداثيات الزاوية ، المستخدمة في محطات الرادار ذات المسح المخروطي لشعاع المخطط الإحداثي للهوائي . فعند تسليط هذا التشويش على وسائط الاتصالات اللاسلكية تحدث أثراً تمويهياً ، أما على أنظمة الملاحقة الأوتوماتيكية في محطات الرادار فيكون أثرها تقليدياً .

يتم تشكيل التشويش المعدل ترددياً بتغيير قيمة التردد الحامل لمرسل التشويش زمنياً وذلك حسب قانون تبدل تردد الاهتزازات المعدلة . يركز القسم الأغلب لطاقة هذا التشويش ضمن مجال ترددي يساوي ضعف قيمة انحراف التردد الحامل . وأثناء تعديل عدة اهتزازات ذات تردد منخفض باهتزازات تشويش معدل ترددياً ، نسمع على مخرج المستقبل أصوات إشارات ذات نغمات مختلفة .

إن التشويش الضجيجي عبارة عن اهتزازات كهرطيسية (هيدروصوتية) مستمرة يتغير مطالها عشوائياً حسب قانون صدفي ، ويخضع لهذا الأمر ترددها وطورها . لهذا عادة ما يسمونه بالتشويش العبثي .

أما جهد التشويش الضجيجي $U_N(t)$ عند مدخل المستقبل فيتغير بقانون صدفي ، يكون أحياناً طبيعياً بتوزيع قيمه الآنية وانسياباته الترددية ضمن المجال الإمراري لتجهيزات استقبال الوسائط الألكترونية الراديوية المستهدفة .

أما الضجيج ، الذي يحافظ على مواصفاته دون تبدل ضمن مجال إمراري ترددي واسع فيسمى بالضجيج الأبيض نظراً لتطابق طيفه الترددي مع طيف الضوء الأبيض ، الذي يكون في جزئه المرئي متراصاً ومتزناً . يمتلك هذا النوع من التشويش أكثر أنواع المواصفات التمويهية جودة بمقارنته مع أنواع التشويش الأخرى .

وبما أن التشويش الضجيجي بتركيبه هو قريب من الضجيج الداخلي العبثي لتجهيزات الاستقبال ، فعادة ما يصعب كشفه وبالتالي اتخاذ التدابير اللازمة لإضعاف تأثيره على عمل الوسائط الألكترونية الراديوية .

يظهر أثر التشويش الضجيجي على الوسائط الألكترونية الراديوية في تمويه أو إعياء الإشارات المفيدة . يتم التوصل إلى التمويه بتركيب ضجيج صدفي على الإشارة ، التي تمتزج بالتشويش ، ولهذا تصبح عملية تمييزها معقدة . عندها تتغير مواصفات الإشارة المفيدة أو يفقد ما يميزها منها أو يلاحظ غياب كامل للضجيج الداخلي لتجيهيزات الاستقبال وهذا يحدث أثناء العمل على الترددات القصيرة جداً .

يشكل التشويش الضجيجي على شاشات عرض محطات الرادار دروباً ضجيجية ، أما في المستقبلات التي تعمل على النظام الهاتفي الراديوي فتسمع أصوات ، تذكرنا بالضجيج الداخلي الخاص لهذه التجهيزات . ويمكن لهذا النوع من التشويش تأمين تمويه للإشارات المفيدة الواردة عن الأهداف المختلفة (طائرات ، سفن ، دبابات وغيرها) وللمعلومات الواردة في أقنية الاتصالات اللاسلكية .

وحسب مبدأ التوليد ، يميزون بين التشويش الضجيجي المباشر والتشويش المعدل وذلك حسب شكل التردد الحامل ، المعدل بجهد ضجيجي (التشويش الضجيجي المعدل) .

يتشكل التويش الضجيجي المباشر عادة ، نتيجة تضخيم الضجيج الخاص ، الصادر عن العناصر الألكترونية (الصمامات الألكترونية ، أنصاف النواقل والترانزيستورات) . يسمح هذا النوع من التشويش ، عندما يكون مستوى كثافة الاستطاعة عالياً نسبياً ، بتغطية مجال ترددي واسع . أما طبيعة تغير مطاله زمنياً $U_N(t)$ فتتعلق بالتردد الأوسطي للطيف ω_N وبطور التشويش ψ_N :

$$U_N (t) = U_N . \cos [W_N t + \psi_N (t)]$$

لم يلق التشويش الضجيجي المباشر استخداماً واسعاً نظراً للمقدرة الاستطاعية المنخفضة لمولدات الضجيج الأولي ، وضرورة التضخيم المتعدد المراحل اللاحق له وصعوبة المحافظة على مواصفاته .

يتم تشكيل التشويش الضجيجي المعدل بتعديل اهتزازات مرسل التشويش عالية التردد بالمطال ، بالطور أو بالتردد للجهد الضجيجي العشوائي . وفي الواقع ، عادة ما يستخدمون التعديل المطالي الترددي أو المطالي ـ الطوري المزدوج .

إن التشويش الضجيجي المعدل مطالياً عبارة عن اهتزازات غير متخامدة منسجمة ، معدلة مطالياً بالضجيج . ويكون جهده على مدخل المستقبل :

$$U_N (t) = U_N [1 + K_a . \triangle U_{Mog} . (t)] \cos w_o t;$$

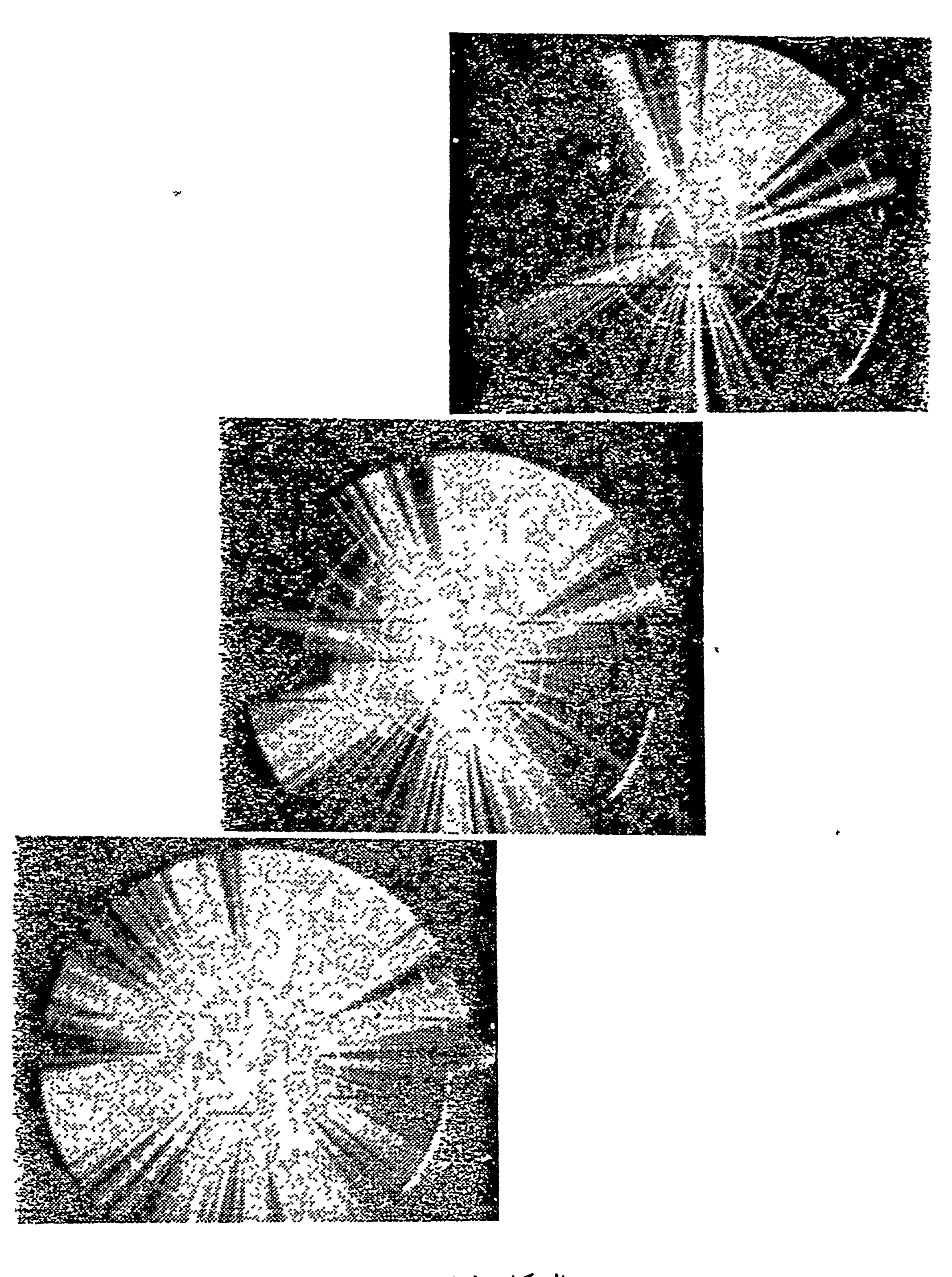
حيث هنا :

K_a ـ شدة انحدار مواصفة تعديل مرسل التشويش ؛

$\triangle U_{Mog}$ ـ الجهد المعدل ، الوارد من مولد الضجيج .

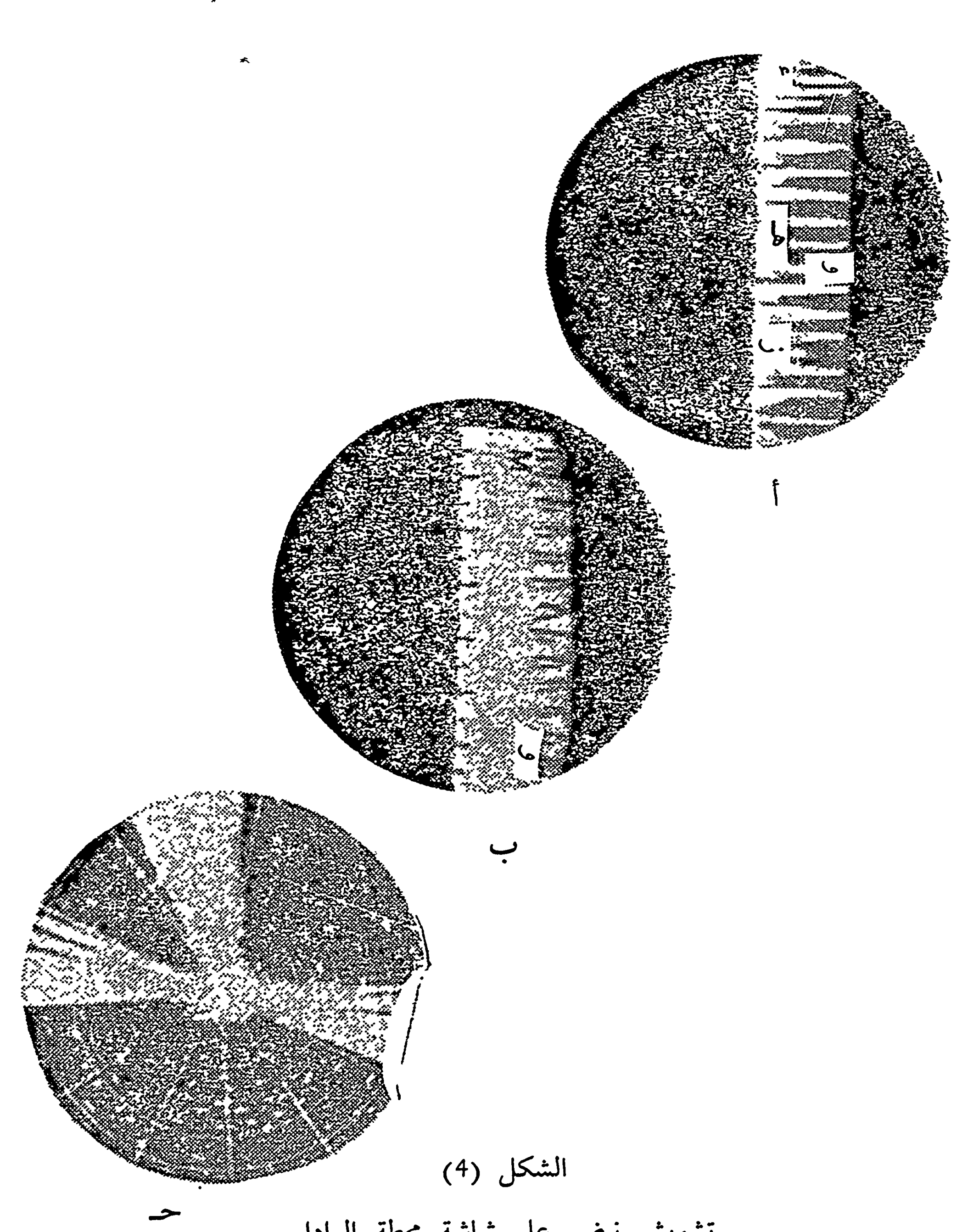
يتم تشكيل التشويش الضجيجي المعدل ترددياً بتعديل الاهتزازات الحاملة المنسجمة لجهد الضجيج بتردد متغير . أما التشويش الضجيجي المعدل طورياً فهو عبارة عن اهتزازات تردد عالي معدلة بطور الضجيج .

تتعلق فاعلية التشويش الضجيجي بتناسب استطاعتي التشويش والإشارة المفيدة . ويستقبل عادة من قبل الوريقة الرئيسة أو من قبل الوريقات الجانبية للمخطط الإشعاعي لهوائي الوسائط الألكترونية الراديوية المستهدفة على حد سواء ، إذ يقوم عندما تكون استطاعته كافية ، بإنارة الجزء الأكبر من شاشة محطة الرادار أو كاملها (انظر الشكل 3) أو يموه الإشارات المفيدة في أنظمة الاتصالات اللاسلكية .



الشكل (3)

تشويش ضجيجي مختلف الاستطاعة على شاشة محطة الرادار .



الشكل (4)

تشويش نبضي على شاشة محطة الرادار .

ـ تشويش متزامن ؛ ب ـ تشويش غير متزامن ؛ حـ ـ تشويش مصحوب بضجيج

ء ـ إشارات منعكسة عن أغراض محلية ؛ هـ ـ ضجيج تجهيزات الاستقبال

و ـ تشويش نبضي ؛ ز ـ علامة الهدف .

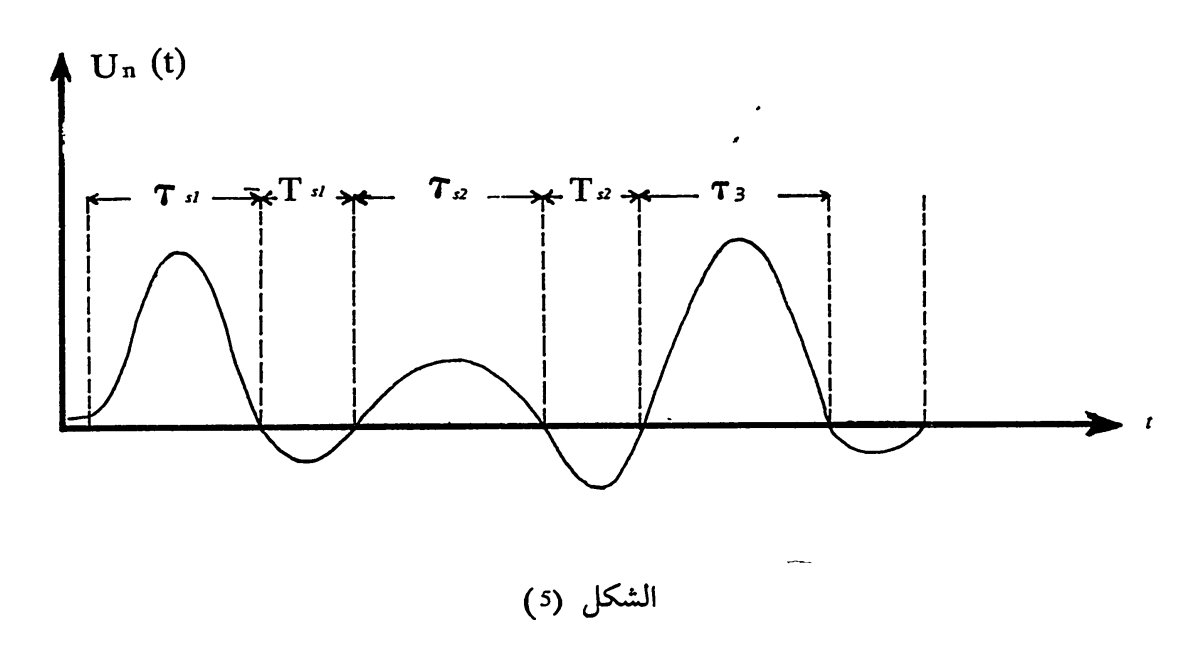
التشويش النبضي ، هو عبارة عن سلسلة من النبضات ذات التردد العالي المعدلة وغير المعدلة (انظر الشكل 4) . يرفع التعديل ، بالمطال أو بتردد المتابعة ، أو قيمة عرض نبضات تشويش التردد العالي أو بعض هذه المواصفات ، من فاعلية تاثيرها على الوسائط الألكترونية الراديوية . ويمكننا اختيار مطال وعرض نبضات التشويش المرسلة ، بذلك الشكل الذي يصبح عنده من الصعوبة بمكان تمييزها عن الإشارات الحقيقية . وبما أنه أثناء تشكيل التشويش النبضي ، يرسل المرسل طاقة كهرطيسية ضمن زمن قصير وبتقطع ، فإنه يمكننا الحصول على استطاعة نبضية عالية . يستخدم هذا النوع من التشويش للتأثير على عمل الوسائط الرادارية ، والملاحة الراديوية واللاسلكية الموجهة وغيرها من الوسائط الألكترونية الراديوية ، العاملة على نظام الإشعاع المستمر أو النبضي .

يميزون التشويش النبضي المتزامن ، الذي تردد تتابع نبضاته يساوي عدداً صحيحاً من المرات تردد تتابع نبضات الواسطة المستهدفة ، أما التشويش النبضي غير المتزامن فتردد تتابع نبضاته لا يتطابق مع تردد نبضات تلك الواسطة . تظهر إشارات التشويش النبضي المتزامن على الشاشة على شكل علامات كاذبة ثابتة أو متحركة ، مشابهة لعلامات الأهداف الحقيقية . اما التشويش النبضي غير المتزامن (العشوائي) فهو عبارة عن سلسلة من النبضات الراديوية ، تتغير مواصفاتها (العرض ، المطال ، الفجوات الزمنية بين النبضات) حسب قانون صدفي (انظر الشكل 5) . يمكن للتشويش النبضي العشوائي أن يؤثر بفاعلية على أنظمة القيادة الراديوية عن بعد وعلى

وسائط الاتصالات اللاسلكية وعلى بعض أنواع محطات الرادار . فأثناء تأثيره على أنظمة القيادة والسيطرة الراديوية عن بعد ، يقوم بإعماء الأوامر المرسلة ويشكل أوامراً كاذبة ويغير من مواصفات تعديل اهتزازات الإشارات الواردة . يستطيع هذا النوع من التشويش تمويه المعلومات المرسلة . أما في محطات الرادار فيشكل علامات كاذبة توزع على شاشات العرض بشكل عشوائي . ولكي لا يتم التمييز بين العلامات الكاذبة والحقيقية يلجأون إلى تعديل نبضات التشويش مطالياً . ونتيجة لذلك لا يختلف شكل ولا طبيعة إضاءة العلامات المشكلة من قبله عن شكل علامات الأهداف الحقيقية .

يتم توليد التشويش النبضي بواسطة مرسلات التشويش أو معيدات إرسال الإشارات ، المستقبلة من قبل المحطة المستهدفة (تشويش جوابي) . يستخدم التشويش الجوابي الأحادي ، عندما نقوم ببث نبضة تشويش واحدة جواباً على الإشارة الواردة من الواسطة الألكترونية الراديوية المستهدفة بعد تاخيرها لبعض الوقت ، أما التشويش الجوابي فنحصل عليه عندما نرسل سلسلة نبضات جوابية تشويشية رداً على كل إشارة واردة ، متوافقة معها بالشكل والعرض

والاستطاعة . عادة ما يتم تغيير زمن تأخير نبضات التشويش الأحادي بذلك الشكل ، الذي نقلد فيه الأهداف المتحركة . وعندما تكون استطاعة التشويش كافية لمرورها خلال الوريقات الجانبية للمخطط الأحداثي الإشعاعي للهوائي ، تظهر على شاشة محطة الرادار عدة أهداف كاذبة متحركة ، وتتعقد عملية تمييز الأهداف الحقيقية .



الشكل (5)

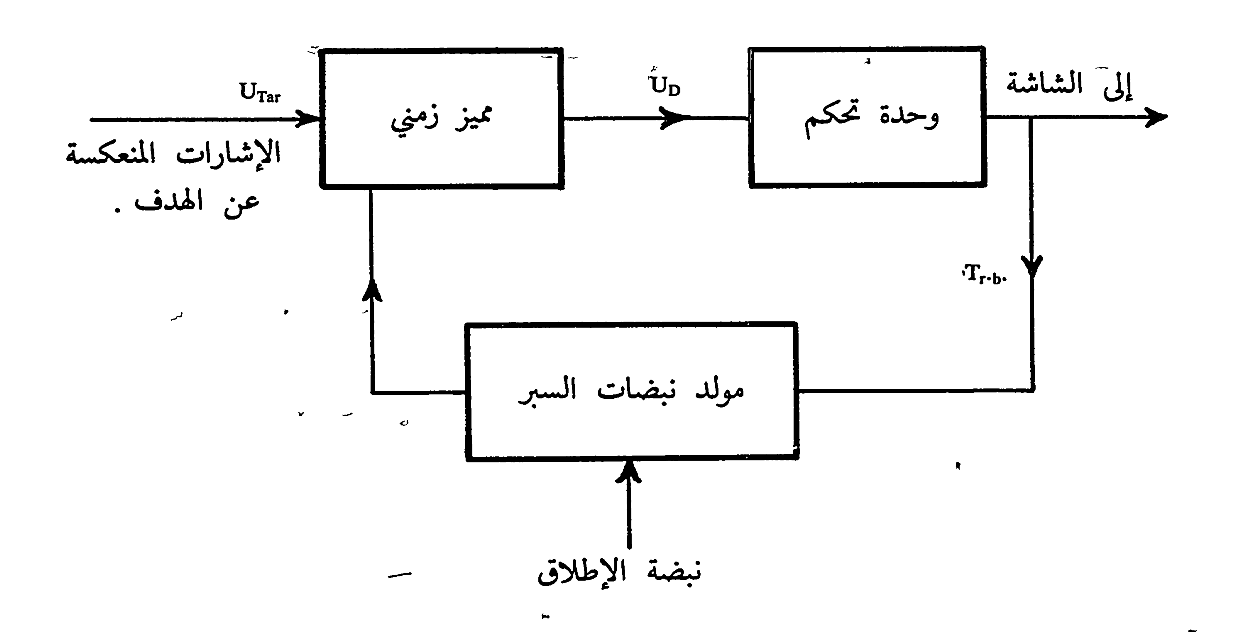
تغير مواصفات اهتزازات التردد العالي أثناء تاثير التشويش النبضي العشوائي .

يعتبر التشويش الإزاحي ، أحد أنواع التشويش التمويهي المختلفة ، ويستخدم لإعماء محطات رادار توجيه الأسلحة . يُدخِل هذا النوع من التشويش معلومات كاذبة إلى محطة الرادار ويخرق نظام عمل تجهيزات الملاحقة الأوتوماتيكية للأهداف بالمسافة والسرعة والاتجاه .

يسبب التشويش الإزاحي بالمسافة قطع متابعة الهدف في محطات رادار توجيه الأسلحة النبضية ، التي تمتلك نظاماً للملاحقة الأوتوماتيكية للهدف بالمسافة . تحدد المسافة إلى الهدف بواسطة محدد المسافة الأوتوماتيكي (انظر الشكل 6) بطريقة قياس الزمن t ، الذي تتمكن فيه إشارة محطة الرادار U_{Radar} من قطع المسافة منها إلى الهدف والعودة ثانية (D=ct/2) . وبما أن المسافة إلى الهدف لا تبقى ثابتة ، فإن هذا الزمن يكون متغيراً . ولكي نتجنب استقبال الإشارات المعيقة والتشويش ، يتم إطلاق مستقبل محطة الرادار بواسطة نبضة انتخاب تسمى بنبضة المسافة ، وتبقيه بحالة عمل أثناء فترة ورود الإشارة المفيدة $U_{Tar.}$ المنعكسة عن الهدف فقط . ونتيجة لتأثير نبضة المسافة U_c والنبضة

المنعكسة عن الهدف على مدخل المميز الزمني ، يتشكل على مخرجه جهد U_D ، تتناسب قيمته طرداً مع الزمن اللازم لورود الإشارة المنعكسة عن الهدف . وهكذا يجري التغيير الأوتوماتيكي لوضع نبضة المسافة U_c أثناء تغيير وضع إشارة الدخل U_{Tar} ، وبالتالي يؤثر هذا على الملاحقة الأوتوماتيكية للهدف بالمسافة .

وعند تأثير التشويش الإزاحي بالمسافة بواسطة مرسل مركب على الهدف المراد حمايته ، يرسل جواباً لكل إشارة ترد من محطة الرادار ، سلسلة من النبضات التشويشية الجوابية تتميز عن الإشارة المستقبلة بتأخير زمني . بهذا الشكل يمكننا إزاحة نبضة المسافة عن علامة الهدف (الإشارة المنعكسة) في ذلك الاتجاه الذي تتحرك فيه نبضة المسافة . وعندما تكون استطاعة التشويش كافية فإن نبضة المسافة نتيجة ردة الفعل تتحرك إلى جانب إشارة الهدف دون أن تلتقطه على الملاحقة ، وعندها تفقد تجهيزات الملاحقة الأوتوماتيكية بالمسافة الهدف وتبدأ بتتبع التشويش .



الشكل (6)

المخطط الصندوقي المختصر لدارة محدد المسافة الأوتوماتيكي في محطة الرادار .

لكن ، على الرغم من فقدان الهدف ، ستقوم محطة الرادار بقياس الإحداثيات الزاوية للهدف ، المركب عليه مرسل التشويش . لهذا ولكي نتمكن من إيقاف عمل تجهيزات الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه يتم إغلاق مرسل التشويش (بعد إصدار سلسلة من النبضات ، تقوم بإزاحة الاتجاه وإزاحة نبضة المسافة عن الإشارة المفيدة) . بعدها تبدأ دورة مكررة لتحديد المسافة ، الأمر الذي يؤدي أيضاً إلى فقدان المعلومات عن الوضع الزاوي للهدف . وبعد الالتقاط الثاني للهدف بواسطة دارة الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه ، يبدأ مرسل التشويش يبث من جديد نبضات إزاحة بالمسافة ، الأمر الذي يدخل أخطاءً في قياس المسافة إلى الهدف الحقيقي بواسطة محطة الرادادر أو انقطاعات زمنية لهذا العمل . وعملياً ، لا يزيد زمن الإزاحة بالمسافة عن 5 ميكرو ثانية ، بعد ذلك يتم توقيف إشعاع التشويش لفترة 5 و0 ثانية . فعندما يكون التردد التكراري لنبضات محطة الرادار 1000 هيرتز ، يتم إرسال 5500 نبضة إزاحة تشويشية خلال دور كامل .

يستخدمون في الغرب تشويشاً إزاحياً متعدد البرامج ضد محطات الرادار ذات الملاحقة الأوتوماتيكية بالمسافة ، ويرسلون في نفس الوقت أو على التسلسل عدة نبضات تشويشية ذات تأخير زمني يختلف من واحدة إلى أخرى ، لكن يجب أن تبقى واقعة ضمن المجال الزمني الذي تتابع فيه محطة الرادار المستهدفة النبضات المنعكسة ، ويقومون على التوازي بتغيير استطاعة نبضات التشويش المرسلة .

أما التشويش الإزاحي بالسرعة فيستخدم لإعماء محطات الرادار ذات الإشعاع المستمر أو المستمر بقفزات ، والتي تمتلك قناة بحث وملاحقة للأهداف بالسرعة . ولقياس سرعة الهدف يستخدمون في هذه المحطات مبدأ الفلترة الترددية للإشارات المنعكسة عن الأهداف المتحركة . يسبب وجود السرعة القطرية للهدف V_r ما يسمى بالإزاحة الدوبلرية لتردد الاشارات المنعكسة .

$$F_D = \frac{2Vr}{\lambda};$$

يستخدم في أنظمة الملاحقة الأوتوماتيكية بالسرعة مقياساً يسمى بالمميز وهو عبارة عن كاشف ترددي أو طوري . يفرقون بين دارات التوليف الترددي والطوري بواسطة التردد ا لعامل لمحطة الرادار . ففي النوع الأخير (انظر الشكل 7أ) تتم متابعة طور الإشارة ، المتعلق بالإزاحة

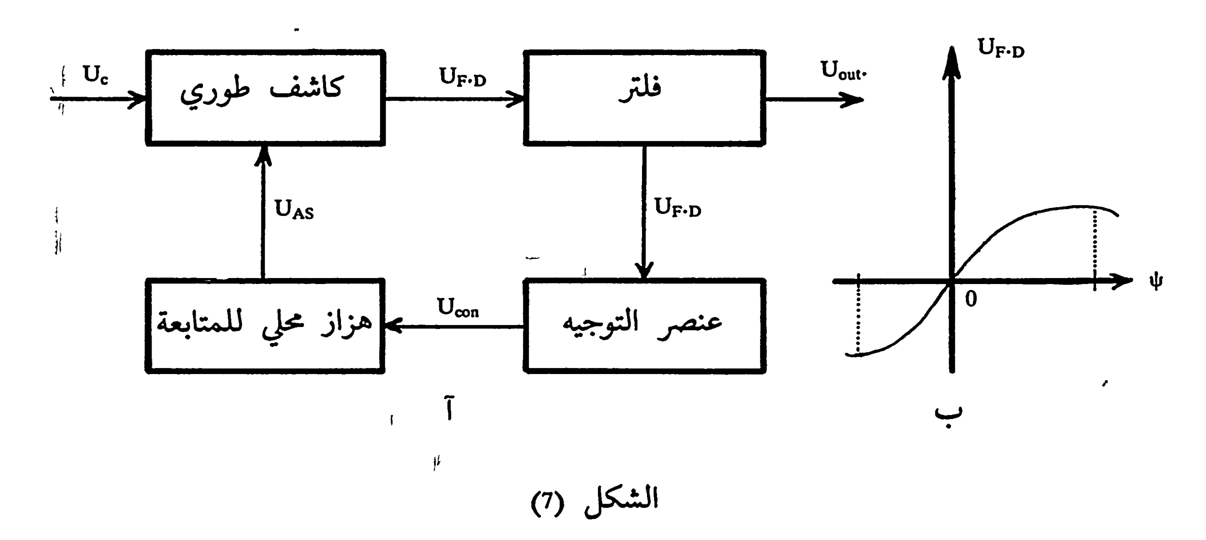
الدوبلرية للتردد وعند ورود إشارة جهدية U_c إلى الكاشف الطوري وإشارة الهزاز المحلي التتبعي $U_{As.}$ ، يتشكل على مدخله جهد $U_{F.D}$ ، يتناسب مطاله طرداً مع مقدار الإزاحة الطورية ψ بين U_c و $U_{Aas.}$ (انظر الشكل 7 ب) ، يعبر عن إشارة الخطأ لهذا النظام أثناء متابعته لطور الإشارة . إذا تغيرت قيمة الإزاحة ψ من 0 حتى ±π/2 ، تزيد قيمة الجهد $U_{F.D.}$ بالقيمة المطلقة ، أما في النقطة التي تكون فيها ψ=0 فيتم تغيير إشارتها (+ أو —) . يقوم فلتر الترددات الدنيا ، الموصول مع المميز الطوري بكوي التغيرات السريعة لتردد الإشارة ، الناتجة عن

الضجيج العشوائي المتبعثر ، الذي يرد إلى مدخل النظام . لهذا فإن عنصر التحكم لا يستطيع التعامل إلا مع التبدلات البطيئة في التردد . وتحت تأثير الجهد $U_{F.D.}$ يُغيِّر عنصر التحكم (وهو عبارة عن صمام ألكتروني «فاريكاب» أو مكثف متغير السعة) تردد هزاز المتابعة المحلي إلى ذلك الوضع ، الذي فيه تصبح إشارة الخطأ مساوية للصفر (عندها ستتطابق قيمة تردد الهزاز المحلي $f_{AS.}$ مع تردد الإشارة f_c) .

عند حدوث تشويش نتيجة تأثير محصلة جهدي الإشارة والتشويش يتحرك الجهد $U_{F.D.}$ على طول محور التردد باتجاه التشويش الأكثر قوة ، ويزاح التردد الدوبلري للإشارة ليقع خارج مجال عمل (إلتقاط) نظام التوليف الأوتوماتيكي ودارة الملاحقة الأوتوماتيكية بالسرعة وتنتقل لملاحقة التشويش . وأثناء دور إزاحة قناة الملاحقة الأوتوماتيكية بالسرعة نحصل على معلومات كاذبة عن سرعة الهدف وتسارعه . وبعد توقف إزاحة الإشارة من نبضة السرعة نفقدها ، وتنتقل عندها

دارة الملاحقة الأوتوماتيكية إلى نظام البحث عن الهدف المفقود . يستخدمون عادة ، في المحطات التي تشكل تشويش إزاحة بالسرعة يوجه إلى محطات الرادار التي تعمل على النظام الدوبلري والإشعاع المستمر ، تجهيز إزاحة لترددات الإشارات الراديوية المستقبلة (انظر الشكل 8 أ) . تعطى الإشارات الرادارية المستقبلة من قبل المحطة إلى عدة أقنية ذات تجهيزات إزاحة بالتردد في نفس الوقت ، التي تستخدم عند الضرورة أسلوب الانتخاب الترددي . يعطى من تجهيز البرمجة

ومولد اهتزازات سن المنشار إلى كل قناة ترددية اوامر لتشكيل تشويش إزاحة بالسرعة . وحسب شكل وقطبية وقيمة الجهود ، الواردة إلى اقنية تجهيزات الإزاحة بالتردد ، يمكننا تشكيل عدة عشرات من أشكال البرامج لتوليد تشويش جوابي إزاحي بالسرعة . تجمع إشارات خرج جميع الأقنية وتضخم وترسل في اتجاه المحطة المستهدفة .



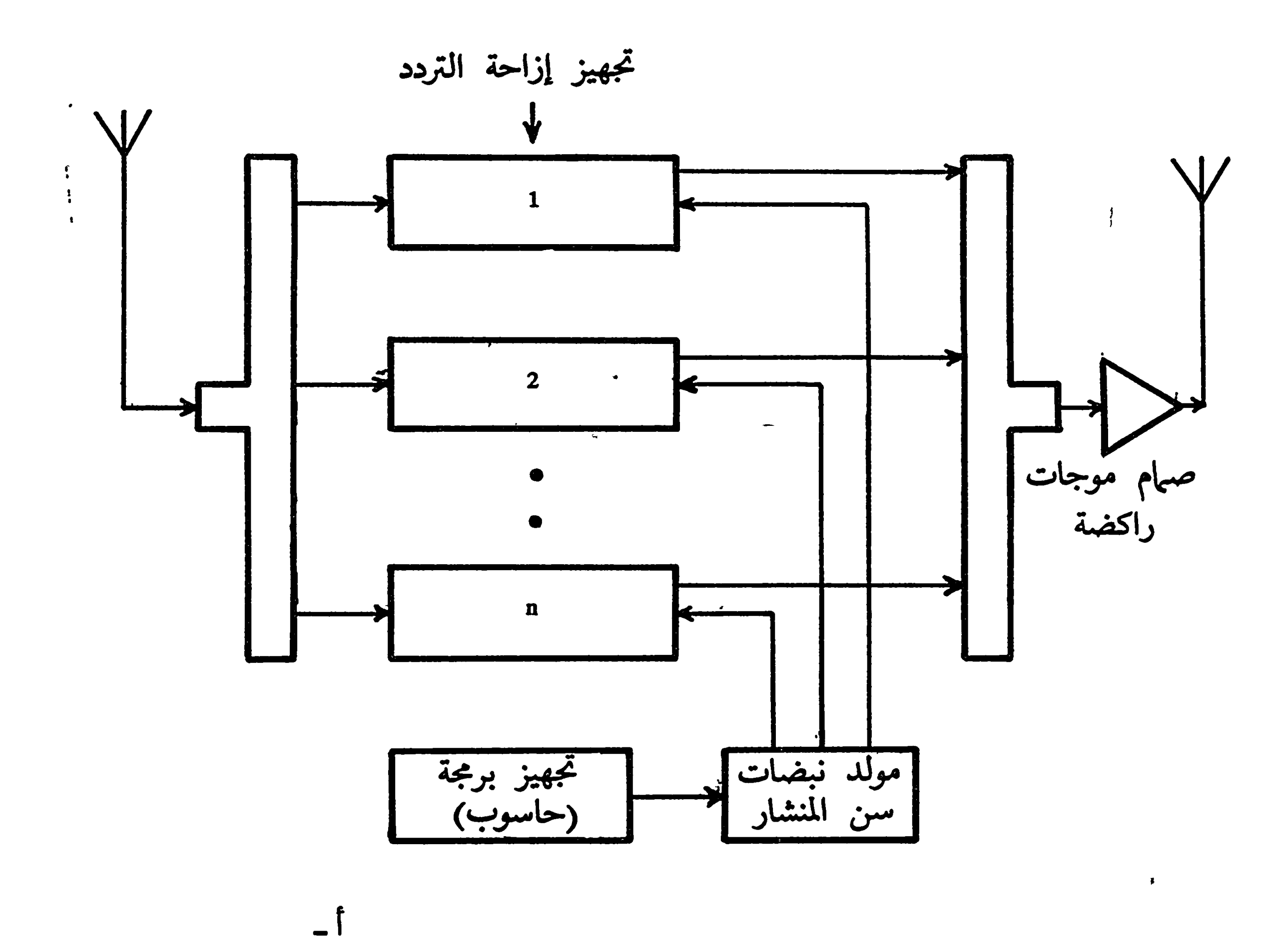
الشكل (7)

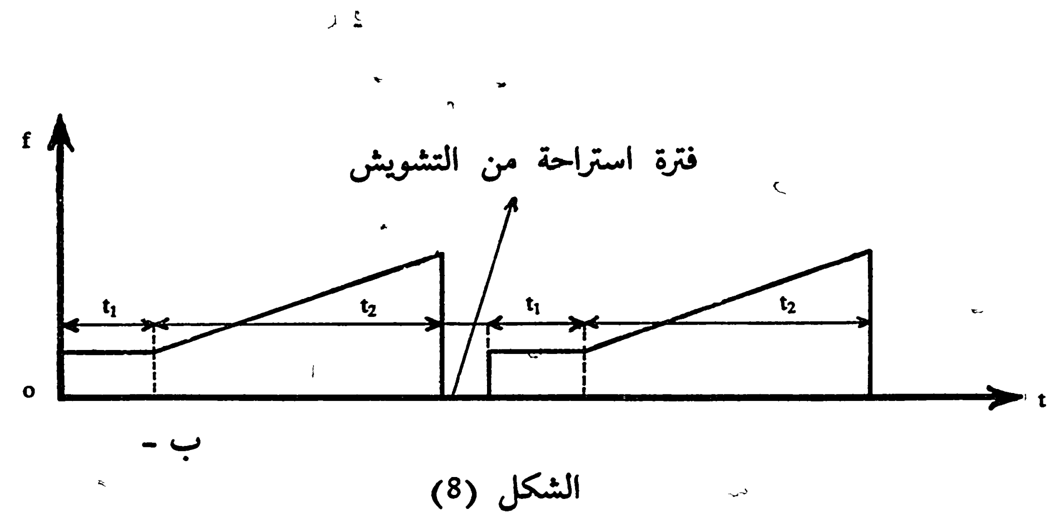
المخطط الصندوقي المختصر لدارة الملاحقة الأوتوماتيكية للهدف بالسرعة (P) .

ب ـ المنحني التميزي للدارة .

عادة ، يشكل التشويش الإزاحي بالسرعة بمثل هذا التتابع (انظر الشكل 8، ب) . أما الإشارة الرادارية المستقبلة من قبل محطة التشويش فبعد تحويلها تضخم وترسل خلال زمن قدره t_1 باتجاه محطة الرادار المستهدفة ، التي وبسبب عمل دارة التحكم الأوتوماتيكي بالتضخيم ينخفض عامل تضخيم مستقبلها ، الأمر الذي يؤدي إلى إعماء الإشارة المفيدة وينتج عن ذلك انتقال نبضة السرعة لالتقاط التشويش . بعدها وخلال زمن قدره t_2 يتم إزاحة التردد الدوبلري للإشارة المعاد بثها من قبل محطة التشويش باتجاه الزيادة أو النقصان لتردد الإشارة المفيدة الدوبلري ، المنعكسة عن الهدف ، وعندها يتم مباشرة إغلاق مرسل التشويش ، الأمر الذي يسبب قطعاً في الملاحقة بالسرعة ، أما المحطة المستهدفة فتنتقل ثانية إلى نظام البحث عن الهدف والتقاطه . بعد تنفيذ عملية الإزاحة التشويشية هذه ، نجد أن محطة الرادار أصبحت في حالة ضياع .ويمكننا

استخدام تشويش مركب ، الذي عنده نشكل في البداية تشويشاً إزاحياً بالسرعة وبعد إزاحة نبضة السرعة عن إشارة الهدف نشكل تشويشاً إزاحياً بالإحداثيات الزاوية . وبعد إزاحة محطة الرادار بالسرعة بواسطة التشويش ، تسدد هذه المحطة على غيمة العواكس الراديوية السلبية (التي يمكن أن نسقطها من الطائرات أو من السفن) ، وتستقبل من قبل المحطة المستهدفة كأهداف حقيقية . ومثل هذا النوع من التشويش يستطيع إزاحة الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الذاتية عن الأهداف بالإضافة إلى ما ورد سابقاً .





الشكل (8)

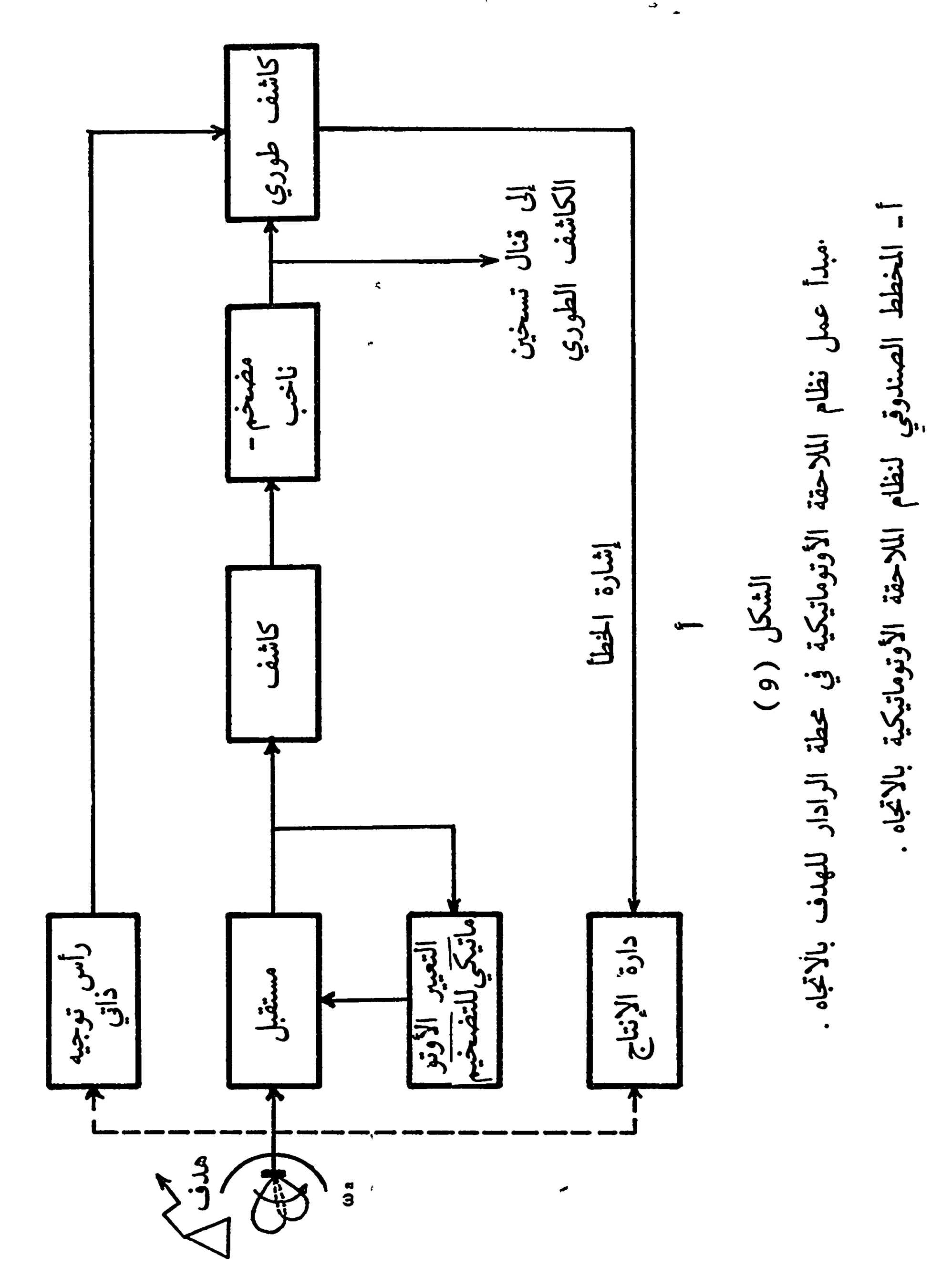
مبدأ تشكيل تشويش راداري إزاحي بالسرعة .

أ ـ المخطط الصندوقي لمحطة التشويش ؛

ب ـ طبيعة تغير تردد التشويش (الفترة الزمنية لإرسال التشويش دون تغيير التردد t_1 وبتغييره t_2) .

يشكل التشويش الإزاحي بالاتجاه لتعقيد عملية حصول محطة الرادار المستهدفة على المعلومات عن الإحداثيات الزاوية للأهداف .

أثناء عمل نظام الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه (الشكل آ 9) يكنس هوائي استقبال محطة الرادار بتردد زاوي Wa ، مشكلاً مخطط إشعاع على شكل منطقة (قطاع) متساوي الإشارات . يشكل

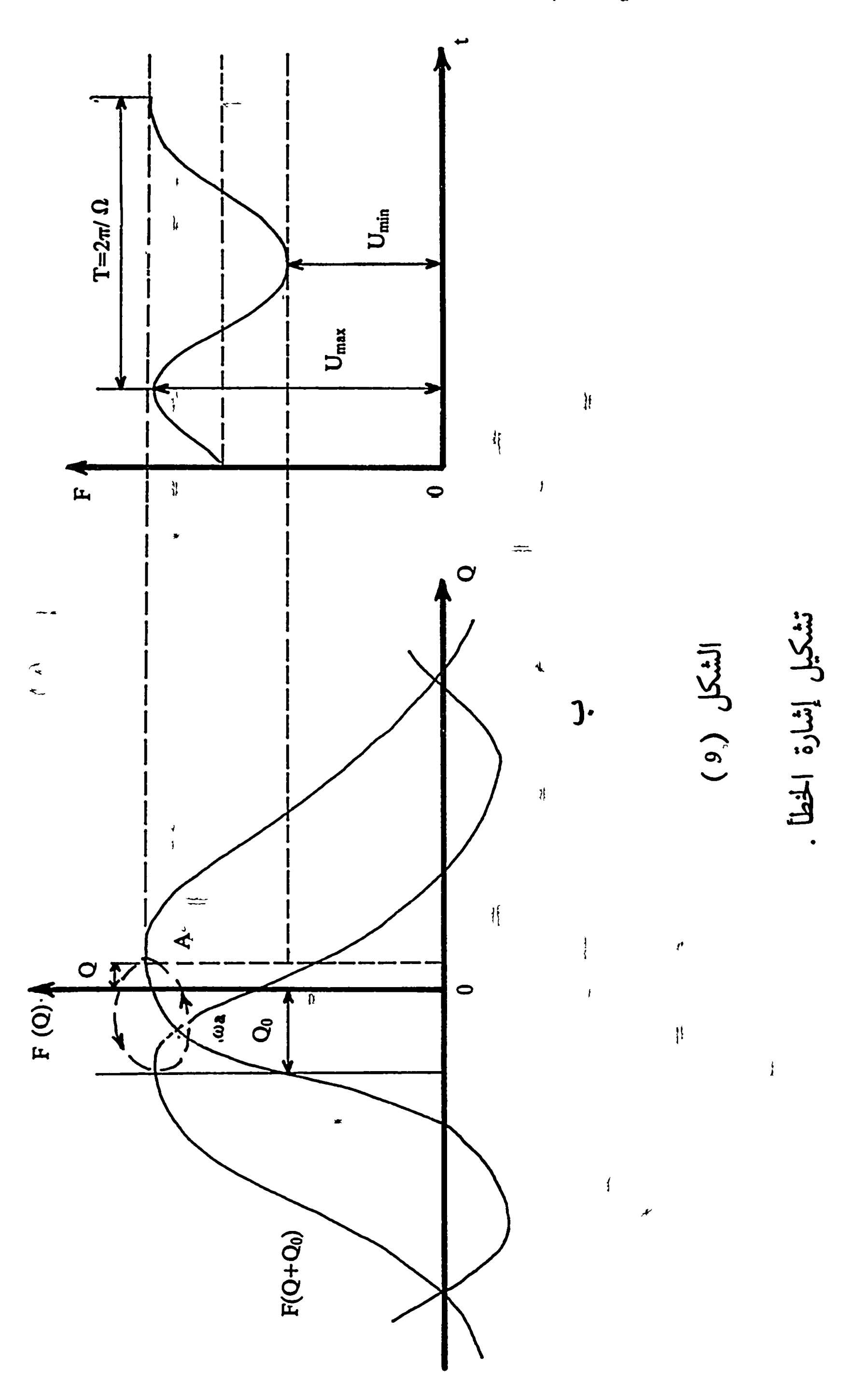


الشكل (9)

أ ـ المخطط الصندوقي لنظام الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه.

مبدأ عمل نظام الملاحقة الأوتوماتيكية في محطة الرادار للهدف بالاتجاه.

انحراف القطاع المتساوي الإشارات عن الاتجاه إلى الهدف إشارة خطأ ذات تعديل مطالي في نظام الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه . ويتغير انحناء هذه الإشارة حسب قانون قريب من القانون الجيبي (الشكل ب 9) . ويحدد مطال إشارة الخطأ بمقدار انحراف الهدف عن الاتجاه المتساوي الإشارات ، أما طورها فباتجاه هذا الانحراف . ولكي يقع الهدف على الخط المتساوي الإشارات ، يجب تدوير هوائي نظام المتابعة بالاتجاه وبزاوية المكان بمقدار يتناسب طرداً مع قيمة



الشكل (9)

تشكيل إشارة الخطأ.

إشارة الخطأ في كل مستوي . ويحدد الخطأ بمقارنة شكل انحناء الإشارات المنعكسة عن الهدف مع الجهد الطرقي ، المنتج في مولد الجهود الطرقية .

تتعلق طرق إنتاج التشويش على قناة الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه لمحطة الرادار بعدد اقنية الاستقبال المستقلة . فعلى سبيل المثال ، يمكننا إعماء محطات الرادار ذات هوائي الكنس المخروطي بتشويش معدل مطالياً يتوافق تردده مع تردد كنس الهوائي ، بشرط أن يشكل من نقطة واحدة من الفراغ . أما محطات الرادار ثنائية الأقنية ذات النبضات المتعددة فيمكن إعماءها بسهولة بتشويش يصدر من عدة نقاط من الفراغ . ومثل هذا التشويش يمكنه أن يعمي أنظمة الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه الموجودة في محطات الرادار سواء كانت أحادية الأقنية أو ثنائيتها . ومن نقطة واحدة يمكننا توجيه تشويشاً تسديدياً أو حاجبياً بتردد كنس الهوائي ، على قناة الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه ، ويمكن أن يكون هذا التشويش غمزياً أو متقطعاً .

يتم تشكيل التشويش التسديدي بتردد كنس الهوائي ضد أنظمة الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه بعد قياس تردد كنس شعاع الهوائي وبالتعديل المطالي للنبضات الجوابية لمرسل التشويش الصادرة على نفس التردد . وبتغيير مواصفات تعديل نبضات التشويش الجوابية ، نتمكن من حرف هوائي محطة الرادار عن الاتجاه الحقيقي للهدف . ومقدار واتجاه الانحراف يتعلقان بعمق التعديل وزاوية انحراف طور منحنيات الإشارات النبضية الجوابية بالنسبة لجهد نظام توجيه الهوائي الطرقي . أما تأثير التشويش المعدل مطالياً على تردد كنس الهوائي فيماثل ظهور هدف كاذب ضمن المخطط الإشعاعي لهوائي المحطة المستهدفة ، مزاحاً عن الهدف الحقيقي ، الذي كان النظام قد بدأ يلاحقه .

يتشكل التشويش الحاجبي على تردد الكنس ضد أنظمة الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه ؛ أولاً ـ بإرسال إشارات لها نفس التردد الحامل لمحطة الرادار المستهدفة ومعدلة مطالياً بضجيج منخفض التردد ذي طيف متناسق ، يغطي المجال الترددي للكنس (تشويش ضجيجي حاجبي) ، وثانياً ـ بإرسال إشارات على التردد الحامل لمحطة الرادار المستهدفة ، معدلة مطالياً بجهد تردده يتغير ضمن المجال الترددي الممكن للكنس .

- ينتج التشويش الغمزي المتزامن ضد أنظمة الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه بواسطة عدة مرسلات تشويش تطلق للعمل على التسلسل لحماية الطائرات ، السفن والحوامات . ويستخدم هذا التشويش لإعماء محطات الرادار أحادية الأقنية أو متعددتها على حد سواء ، لكن هذا التشويش مخصص بشكل رئيس ضد محطات توجيه الصواريخ . وعند تأثير التشويش يتحرك هوائي محطة الرادار المستهدفة على التناوب باتجاه المصادر الأقوى إشعاعاً ، ونتيجة لذلك يسترشد المخطط

الإشعاعي لهوائي محطة الرادار المستهدفة ، اتجاهاً وسطاً لمصادر التشويش . ويستوعب نظام الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه عدة أهداف كهدف واحد ويتابعه . فإذا وقعت على شعاع هوائي محطة الرادار عدة طائرات ، فستحمى من قبل جميع مرسلات التشويش . ويمكن أن يتغير تردد إطلاقها للإشعاع بطريقة عشوائية أو دورية ، بذلك الشكل ، الذي فيه يكون أثرها أكثر فاعلية على العمليات الجارية في المحطات المستهدفة . وعند تأثير مثل هذا النوع من التشويش على رأس التوجيه الذاتي للصاروخ ، يمكن لهذا التشويش أن يمر خلال المركز الطاقي (الاستطاعوي) ، المشكل من قبل مرسلات التشويش ، وبالنتيجة ينحرف رأس التوجيه عن الهدف .

يعتبر التشويش المتقطع حالة خاصة من حالات التشويش الغمزي . ويشكل عن طريق التحكم بإشعاع المرسل ، الذي طيفه يغطي المجال الإمراري للمحطة المستهدفة ذات عامل الاستيعاب 50% تقريباً . ويتراوح تردد التحكم (التحويل) بالتشويش من 0,1 إلى 10 هيرتز .

إن تأثير هذا النوع من التشويش ، على نظام الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه لمحطة ذات مخطط إشعاعي إحداثي كنسي ، مؤسس على استخدام مقدار عطالة (رد الفعل) نظام التعيير الأوتوماتيكي للتضخيم . يسبب التشويش المتقطع زيادة في الحمل على المستقبل ، ويؤدي إلى انقطاعات زمنية في ورود المعلومات إلى قناة قياس الزاوية ويخرق عمل نظام الملاحقة اليديوية والأوتوماتيكية لمحطات الرادار . ولكي يصبح التشويش المتقطع فعالاً ضد محطات الرادار ، العاملة على نظام الملاحقة الأوتوماتيكية للهدف ، يُرْسل مرسل التشويش خلال زمن ، أكبر من زمن عمل المحطات على نظام الملاحقة الأوتوماتيكية للتشويش . ويتم إغلاق المرسل لزمن أقل من زمن انتقال محطة الرادار إلى نظام التقاط الهدف حسب الإشارة المنعكسة . وبالنتيجة سوف تعمل محطة الرادار على أنظمة البحث عن الهدف وملاحقة مصدر التشويش . وعند تحويل محطة الرادار إلى نظام الملاحقة اليدوية يجب جعل مرسل التشويش يعمل باستراحات زمنية أكثر طولاً ، إلا أنها يجب أن لا تقل عن الزمن العطالي (رد الفعل) لعامل المحطة المستهدفة .

يتميز التشويش غير المترابط الصادر من نقطتين بعدم وجود ربط مستمر بين أطوار اهتزازات التردد العالي الصادرة عنها . ويؤدي مثل هذا النوع من التشويش ، الصادر من موقعين (طائرتين ، سفينتين وغيرها) إلى تشكيل زاوية إزاحة بين الاتجاه المتساوي الإشارات والاتجاه إلى النقطة الوسطى بين المواقع ، التي تنتج تشويشاً ، أي إلى ظهور أخطاء في ملاحقة الأهداف أو عدم التمكن من ذلك .

وعند تساوي استطاعتي كلا مصدري التشويش ، لا يظهر أي خطأ في ملاحقة الأهداف .

وعند ارتفاع قيمة استطاعة أحد المصدرين بالنسبة للآخر ، يزاح الاتجاه المتساوي الاشارات باتجاه الأول .

يستخدم التشويش المترابط لتشكيل أخطاء في الإحداثيات الزاوية في جميع أنواع محطات الرادار ، وبشكل خاص في محطات الرادار ذات المسح المخروطي ومتعددة النبضات على حساب حرف الهيكل الطوري والمطالي للحقل المغناطيسي في تجهيزات هوائياتها . ويتم تشكيل هذا التشويش ببث إشارات جوابية متغيرة الطور من قبل عدة هوائيات ، موزعة على نقاط مختلفة من الفضاء .

في مثل هذا النظام ، تعطى إشارات محطة الرادار من مخرج هوائي الاستقبال إلى مدخل محطة التشويش المترابط ، وهنالك تفصل هذه الإشارات حسب استطاعاتها وتضخم ، أما أطوارها فيتم تغييرها بذلك الشكل الذي تشع فيه الهوائيات إشارات ذات مطالات متساوية لكنها متعاكسة الأطوار . وبالنتيجة سوف تقضي هذه الإشارات أحدها على الأخرى مشكلة عدة أصفار في المخطط الإحداثي الإشعاعي للهوائي بجهتي خط تسديد محطة الرادار ـ موقع المراقبة . ويتشكل بين هذه الأصفار قيم أعظمية لاستطاعات تشويشية في المخطط الاحداثي الإشعاعي للهوائي ، التي عندما تزيد طاقتها عن طاقة الإشارة المنعكسة تصبح هدفاً للملاحقة الاوتوماتيكية من قبل محطة الرادار .

تزيد أخطاء الملاحقة الزاوية للهدف عند اقتراب الطائرة ـ حاملة مرسل التشويش من المحطة المستهدفة . ويمكن للخطأ الأعظمي للملاحقة الزاوية بالاتجاه أن يصل إلى 0,6 من عرض المخطط الاحداثي الاشعاعي ، ونحصل على هذا الخطأ عندما يصل مقدار الإزاحة الطورية بين مصدرين للتشويش إلى $\gamma=180°$. وعندها يتم التقاط التشويش ونقله إلى الملاحقة في محطة الرادار بواسطة الوريقات الجانبية أو تنقطع ملاحقة الهدف . أما في ظروف تأثير التشويش المترابط فتقوم دارة الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه بملاحقة مركز مصدري التشويش .

ويصبح التشويش أكثر فاعلية على قناة الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه التابعة لمحطة الرادار ، عندما يمتلك مخطط الاشعاع الاحداثي للهوائي مستوى عالياً من الوريقات الجانبية . وعند تأثير التشويش خلال الوريقات الجانبية يظهر على شاشة عرض محطة الرادار عدة أهداف خداعية متحركة . ولرفع فاعلية الإعماء الألكتروني ، يجب إشعاع النبضات الكاذبة من مرسلات التشويش في ذلك التوقيت ، الذي تكون فيه الوريقات الجانبية متجهة إلى الهدف . فالعلامات الكاذبة في هذه الحالة تتشكل في اتجاهات ، مختلفة عن الاتجاه إلى الهدف الحقيقي . وعندها تزيد الأخطاء الزاوية في ملاحقة الأهداف عند محطات الرادار متعددة النبضات بشكل ملحوظ في الوقت الذي يؤثر على محطات الرادار تشويش إزاحي بالمسافة والاتجاه وآخر مزدوج التردد ، الذي يشكل ، في مضخم التردد المتوسط في المستقبل الراديوي للمحطة المستهدفة ، إشارات كاذبة ذات تردد متوسط . وبما أنه أثناء

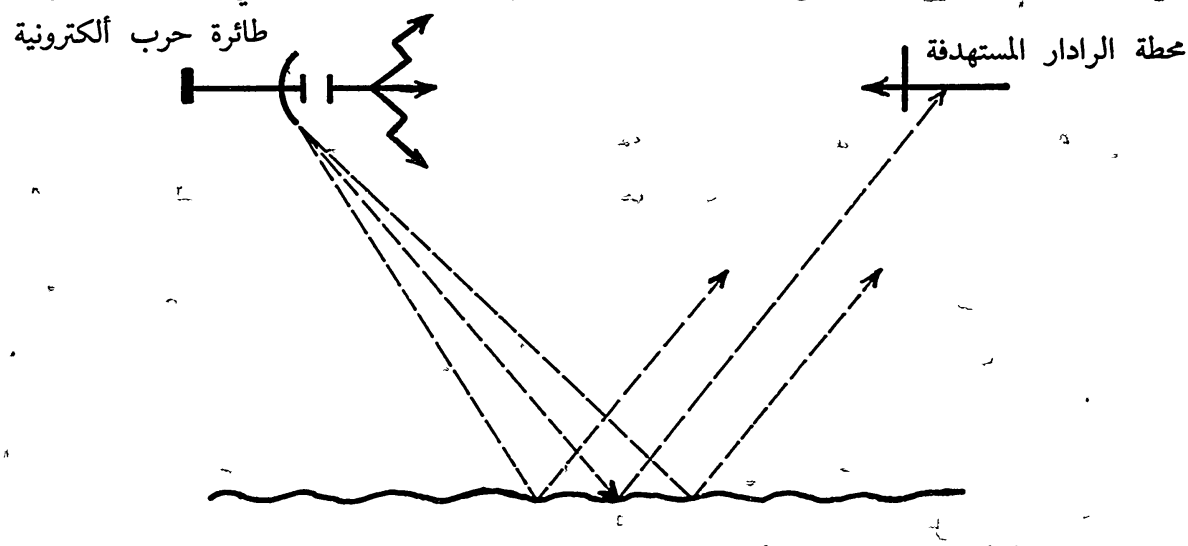
تأثير التشويش مزدوج التردد ، يصبح مطال الجهد على التردد المتوسط متناسباً طرداً مع محصلة توترات الإشارات المفيدة المؤثرة والتشويش ، سوف تفقد محطة الرادار عملياً قدرتها على ملاحقة الهدف . وهذا النوع من التشويش يستطيع إعماء (تخميد) الوسائط الألكترونية الرادارية بشكل موثوق ، في تلك الحالة ، التي يصبح فيها مستوى توتره أعلى من مستوى توتر إشارات محطات الرادار المنعكسة عن الأهداف . ويمكننا تشكيل هذا التشويش ، إذا عرفنا الترددات المتوسطة والمجال الإمراري لتجهيزات استقبال المحطات المستهدفة مسبقاً .

من الممكن تشكيل التشويش مزدوج الترددات من قبل محطات ، تمتلك في تركيبها مولد واحد أو مولدي تشويش . فإذا كان التوليد من قبل محطة ذات مولدي تشويش ، فإن كلا المولدين يولفان أوتوماتيكياً على تردد ، يختلف قليلاً عن تردد المحطة المستهدفة ، بحيث يكون .

$$F_{N1} - F_{N2} = f_{Mid.Radar.}$$

وعند تشكيل تشويش ثنائي الترددات من قبل محطة ذات مولد تشويش واحد ، يولف هذا المولد على التردد العامل للمحطة المستهدفة ، أما نبضات التشويش المرسلة من قبلها ، ذات التردد العالي ، فتعدل مطالياً بجهد مولف مسبقاً على التردد المتوسط لمحطة الرادار . تُشكل الإشارات المستقبلة من قبل محطة الرادار المستهدفة إشعاعات محطة التشويش بعد تشكيلها (تحويلها) في مازج المستقبل الراديوي مشكلة إشارات كاذبة على التردد المتوسط وعندها ستلاحق محطة الرادار هدفاً كاذباً . وإذا كان التردد المتوسط لمحطة الرادار غير معروف مسبقاً ، عندها يمكن استخدام طريقة توليد التشويش المتأرجح ترددياً وعلى التوازي مراقبة رد فعل المحطة المستهدفة على هذا التشويش .

يرفع التاثير المتوازي للتشويش الإزاحي ثنائي الترددات ، عالياً من إمكانية إعماء محطة الرادار نظراً لارتفاع مستوى استطاعة محصلة التشويش وتفوقها على استطاعة الإشارة المفيدة ، حتى عندما تكون استطاعة محطة التشويش ليست بالعالية ، وغير كافية لإزاحة نبضتي المسافة والسرعة .



الشكل (10) . مبدأ تشكيل التشويش الراداري المتغير التسديد .

يتشكل التشويش المتغير التسديد نتيجة لإرسال التشويش من قبل مصادر الحرب الألكترونية باتجاه مختلف عن الاتجاه إلى محطة الرادار (انظر الشكل 10) ، بطريقة تسليط الإشعاعات على سطح الأرض (البحر) أو على غيوم العواكس الديبولية الراديوية ، والانعكاس اللاحق عنها باتجاه المحطة المستهدفة .

نحصل على فاعلية أعظمية في إعماء محطات الرادار ، عندما تقوم الطائرات والسفن بحماية ذاتها ، بالتشكيل المركّب للتشويش ، المزيح بالمسافة وبالسرعة وبالإحداثيات الزاوية ، وضد نظام التعيير الأوتوماتيكي للتضخيم في المستقبل الاستقطابي .

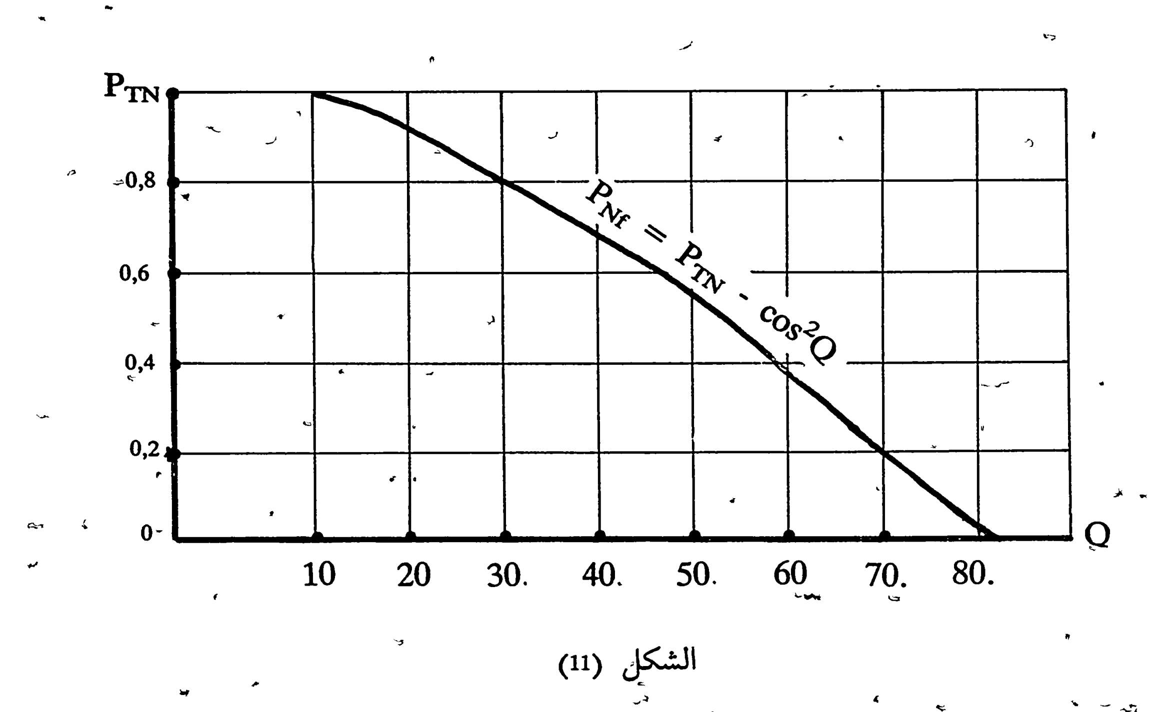
يشكل التشويش التدخلي بتغيير طبيعة التعديل المطالي للإشارات المنعكسة . وبواسطته نستطيع إعماء محطات الرادار ذات مخطط الإشعاع الإحداثي للهوائي ذي المسح الفضائي (الحجمي) . وجوهر تشكيل التشويش التدخلي ينحصر في إرسال ضجيج من اهتزازات كهرطيسية ويجب أن يتغير مستواه على مدخل المحطة المستهدفة بتناسب عكسي مع مستوى المخطط لاشعاعي الاحداثي لهوائيها ، عندما يعمل على نظام الكنس . يؤدي هذا الأمر إلى تشويه أو خرق التعديل المطالي للإشارات المنعكسة عن الهدف عند مدخل مستقبل محطة الرادار . يستخدم هذا النوع من التشويش سوية مع استخدام التشويش الازاحي بالمسافة وبالسرعة . وهنالك أنواع عدة من التشويش التدخلي ضد محطات الرادار ؛ ذات المسح المخروطي ، مزدوجة التردد المسحي للمخطط الإشعاعي الاحداثي للهوائي ، ذات المسح السري ، تشويش لحظي تدخلي ؛ تشويش على احداثي السرعة يمسح مخروطياً وتشويش يشكل عن طريق قلب الطور والتزامن لتردد التعديل المطالي .

من الممكن إعماء الأنظمة المترابطة بتشويش ضجيجي ، مشكل بواسطة عدة مرسلات ، مركبة على حامل واحد . فيمكننا استخدام عدد من مرسلات التشويش يصل إلى ستة ذات مخطط إشعاعي بقطاع 60° ، تقوم بإرسال تشويش دائري ، وذلك من على طائرة واحدة أو سفينة واحدة . يمكن لكل مرسل تشويش امتلاك منبع ضجيج واحد خاص به ، أو أن تمتلك المرسلات الستة منبعاً واحداً وعندها يجب أن تعمل سوية أو على التسلسل . ونتيجة لذلك ، لا يستطيع النظام المترابط ، العامل على مبدأ قياس الفروق في أزمنة ورود الإشعاعات من عدة مصادر في نفس الوقت ، تحديد مواقعها . نستطيع إعماء أنظمة توجيه السلاح المترابطة أيضاً بواسطة تشويش ، هو عبارة عن إشعاعات ضجيجية متكررة . يسبب هذا النوع من الضجيج إشعاعات زاوية غامزة ، تنخفض دقة قياس الاحداثيات إلى مصادرها من قبل هذه الأنظمة

عندما تعمل على نظام العمل السلبي ، ويحدث الأمر نفسه في أنظمة قياس المسافة على مبدأ القطع الزائد وغيرها من الأنظمة المترابطة عريضة المجال الإمراري .

تؤمن الحماية الذاتية للطائرات والسفن عن الكشف من قبل الأنظمة المترابطة لتحديد احداثيات مصادر التشويش عن طريق بث اهتزازات عالية التردد معدلة بواسطة ضجيج رؤيا (فيديو) متكرر . يولد أحد أنواع مولدات التشويش تشويشاً خلال 100 ميكرو ثانية باستراحات زمنية قدرها 10 ميلي ثانية على شكل اهتزازات تردد عالي ، معدلة بواسطة ضجيج رؤيا متكرر طول نبضاته بحدود 1 ميكرو ثانية . يمكن للتشويش الألكتروني أن يؤثر على الوسائط الألكترونية الراديوية ، في تلك الحالة عندما يكون استقطابه متوافقاً مع استقطاب إشارات الوسائط

الألكترونية الراديوية المستهدفة . ولكي لا تنخفض فاعلية التشويش بسبب عدم تطابق استقطاب التشويش مع الإشارات وعدم استخدام تجهيزات معقدة لقياسه ، يركب على مرسلات التشويش هوائيات ذات استقطاب خطي دائري أو مائل بدرجة 45° . يبين الشكل (11) درجة تأثير مقدار انحراف الاستقطاب الزاوي بين التشويش الضجيجي والإشارة (Q) على انخفاض نسبة استطاعة التشويش الفعال (PN.ef) إلى الاستطاعة الكلية لمرسل التشويش (PT.N.) .



الشكل (11)

انخفاض فاعلية محطة الرادار أثناء عدم التوافق الاستقطابي بين التشويش والإشارة :

ترتفع إمكانية حماية المواقع بواسطة وسائط الحرب الألكترونية إذا تم إشعاع تشويش ذي استقطاب من مضاعفات الواحد بالنسبة للاستقطاب العامل لهوائي المحطة المستهدفة . نتيجة لذلك ، يتشكل في الفراغ إشارة ، استقطابها من مضاعفات الواحد بالنسبة لاستقطاب إشعاعات هوائي محطة الرادار ، الأمر الذي يزيد من الأخطاء الزاوية في نظام المتابعة . يحقق هذا الأسلوب أثناء تشكيل تشويش ضجيجي تسديدي بالتردد والتشويش المعاد .

يمكن للتشويش المعاد أن يشكل عندما يمتلك مرسل التشويش هوائيين ، يقومان بتغيير استقطاب الإشارات المستقبلة من محطة الرادار المستهدفة . ففي مثل هذه المرسلات ، يقوم هوائي الارسال بإرسال أمواج كهرطيسية استقطابها من مضاعفات الواحد بالنسبة للإشارة المستقبلة . عندها تنحرف المركبة الأفقية المستقطبة طورياً وتشع كأنها مستقطبة عمودياً ، والأفقية على شكل استقطاب عمودي .

يؤثر التشويش المستقطب ، إلى جانب تأثيره على أنظمة المتابعة ، على مزيلات أثر الوريقات الجانبية للمخطط الإشعاعي للهوائي ، وعلى مغلقات التجهيزات التابعة للوريقات الجانبية وعلى مزيلات الاستقطاب .

ثانياً - وسائط توليد التشويش الألكتروني الإيجابي .

يتم توليد التشويش الإيجابي بواسطة محطات تشويش (انظر الشكل 12) ، يتعلق هيكلها وحجمها وأبعادها ووزنها بالمهمة الملقاة على عاتقها وبالمجال الترددي ، الذي ستعمل عليه وبإمكانيات حاملها أو الموقع الذي ستركب عليه .

يتألف نظام الكشف في مثل هذه المحطات من مستقبل ومحلل لمواصفات الإشارة الفنية لتحديد نوع التشويش .

فالمستقبل (عادة يكون قادراً على البحث الأوتوماتيكي عن الإشارات ترددياً وفضائياً وزمنياً) يقوم بمهمة كشف إشعاعات الوسائط الألكترونية الراديوية ، فصل الإشارة وتضخيمها والتعامل معها . وحسب مهمة محطة التشويش يصمم المستقبل (عادة يكون بانورامي) على دارة

نظام الهوائي
و
مفتاح الهوائي

منظومة التحكم

منظومة الكشف
وتحليل الإشارات

تجهيزات تشكيل التشويش

مرسل تشويش

الشكل (12) المخطط الصندوقي المختصر لمحطة تشويش .



التضخيم المباشر أو التضخيم السوبر هيترودايني . ينفذ المحلل مهمة التحليل الفني لمواصفات الإشارات المستقبلة (عرضها ، كودها ، ترددها التكراري) واختيار التشويش المناسب ، وحسب نتائج هذا التحليل ، يتخذ القرار المناسب لإنتاج التشويش .

تنفذ تجهيزات تشكيل التشويش مهمة تشكيل أنواع التشويش المختلفة ، التي تتوافق بمواصفاتها مع إشارات الوسائط الألكترونية الفنية المستهدفة .

تقوم منظومة التحكم والتوجيه بمهمة جمع المعلومات عن الإشارات ومصادرها ، وترسم على أجهزة العرض الإشارة والتشويش وتؤمن الدقة اللازمة لتوجيه التشويش إلى الإشارة وتقوم بإطلاق محطة التشويش للعمل .

يبث مرسل التشويش اهتزازات مستمرة أو نبضية ذات تردد عال باستطاعة كافية وضمن المجال الترددي المحدد . يتركب هذا المرسل من مُرَكِب وتجهيزات تشكيل التشويش (معدل) . يقوم المعدل (مطالي ، ترددي ، طوري) بتشكيل طيف الترددات العالية للتشويش . أما منظومة التحكم والتوجيه ، فحسب مواصفات الإشارة المستقبلة ، تنتخب أكثر أنواع التشويش ملاءمة وفاعلية ، وتنتج الجهود الازمة لعمل المرسل وتولفه على التردد العامل للمحطة المستهدفة . وعند عدم تطابق ترددات التشويش والإشارة تقوم هذه المنظومة بإنتاج جهد تحكمي ، يؤثر على مولد التشويش مغيراً في توليفه الترددي ليصبح تردد التشويش المولد (بدقة محددة) مطابقاً لتردد الواسطة الألكترونية الراديوية المستهدفة .

يستخدم في محطات التشويش الحديثة في أمريكا وألمانيا وبريطانيا مُرَكِبات تشويش ، ولهذا ينحصر دور منظومة المطابقة بمراقبة دقة تطابق الإشارة مع التشويش .

يوجد في تسليح القوات المسلحة الغربية محطات أرضية وجوية وبحرية للتشويش ، ومرسلات تشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة . وهذه مخصصة لتوليد التشويش التمويهي (عادة يكون ضجيجياً) والتقليدي (غالباً يكون نبضياً) والجوابي ضد الوسائط اللاسلكية واللاسلكية الفنية وأجهزة الملاحة الراديوية وغيرها من الوسائط الألكترونية الراديوية . تدخل محطات التشويش المركبة على السفن أو الطائرات في عداد منظومة الدفاع الذاتي والمشترك عن الطائرات والسفن أو في عداد أنظمة جمع المعلومات والتوجيه ، التي تسمح بالاستخدام المشترك لوسائط السطع الألكتروني والتدمير .

تحدد الإمكانيات القتالية لوسائط التشويش الإيجابي بالمؤشرات الفنية والعملياتية والتكتيكية . ينتمي إلى المؤشرات الفنية : نوع التشويش المشكل ، استطاعة الإرسال أو الكمون الطاقوي ،

المجال الترددي المغطى ؛ سرعة تغيير التوليف ؛ عرض وسرعة حركة المخطط الإشعاعي الاحداثي للهوائي . أما المؤشرات العملياتية ـ التكتيكية فهي : المدى ، قطاع كشف وإعماء الوسائط الألكترونية الراديوية و كمية الأهداف المراد التأثير عليها أو إعمائها .

محطات التشويش ضد محطات الرادار :

يتم تشكيل التشويش ضد محطات الرادار بواسطة محطات تشويش تمويهي ضجيجي ومحطات تشويش راديوي تقليدي (نبضي) . لندرس نوعي المحطات السابقة الذكر .

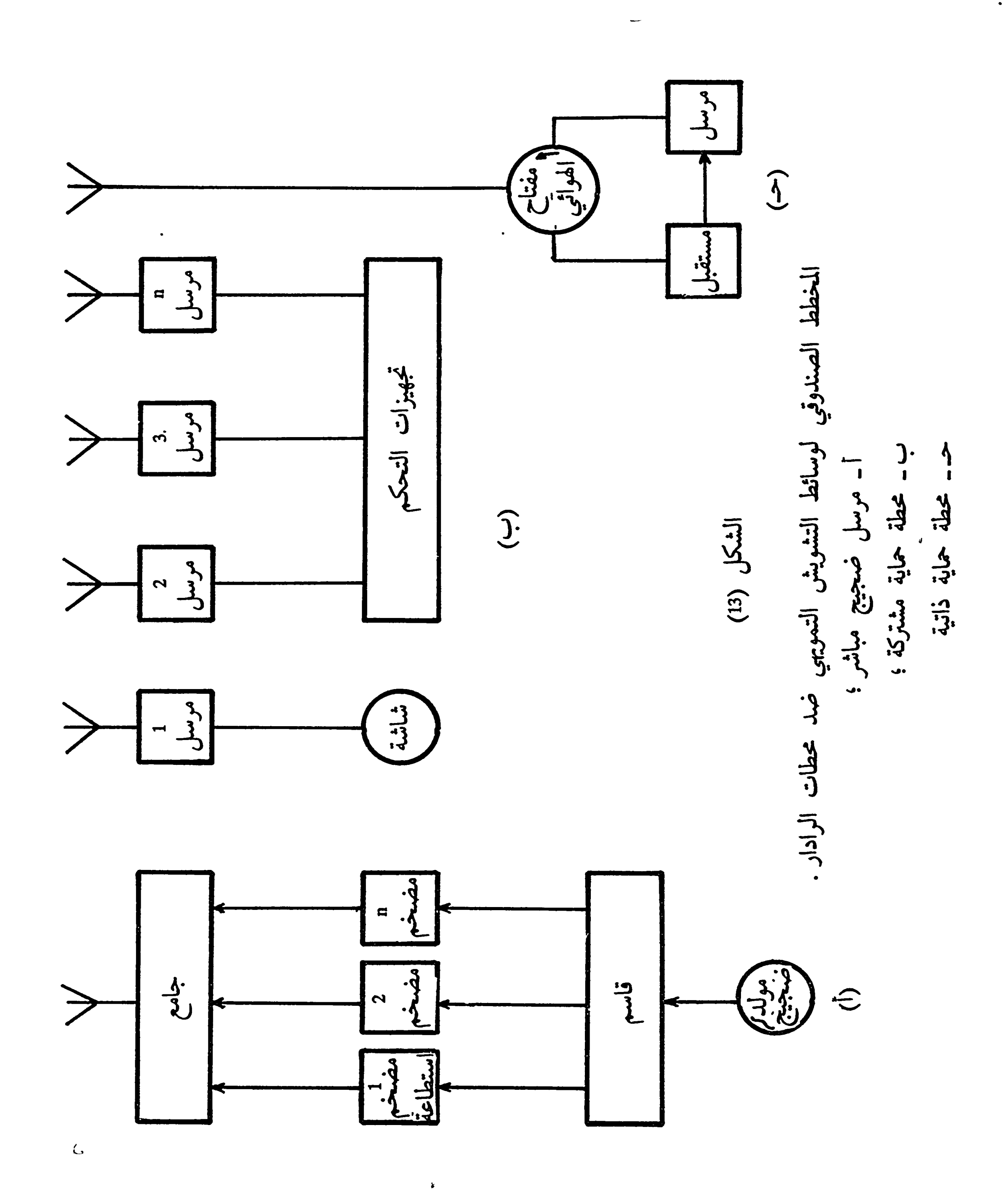
إن محطة التشويش التمويهي ضد محطات الرادار هي عبارة عن تجهيز يبث اهتزازات كهرطيسية ، تردداتها تقع ضمن المجال الإمراري الترددي لمستقبل المحطة المستهدفة . وحسب التركيب ومبدأ العمل والمخطط الصندوقي ، يستخدم في الجيوش الغربية أكثر من عشرة أنواع من محطات توليد التشويش الضجيجي . ويوضح الشكل (13) مخطط النوع الأكثر بساطة منها .

يوضح الشكل (أ 13) النوع الأبسط من مرسلات الضجيج المباشر ذات مصدر وحيد للضجيج ، يقوم بتغذية عدد من المضخمات (n) ، تُجمع جميع جهودها ونحصل على محصلة عامة .

أما الشكل (ب 13) فيوضح محطة للحماية المشتركة ، تستخدم على طائرات الحرب الألكترونية ، وتتألف من تجهيزات استقبال باحثة مربوطة مع جهاز عرض . يؤمن الأخير متابعة الواسطة الألكترونية الراديوية ذات التردد ، الذي يدخل ضمن المجال الترددي الإمراري لمحطة التشويش ، ويتحكم بواسطة جهاز تحكم خاص بعمل عدد من مرسلات التشويش الراديوي ، العاملة على هوائيات خاصة بها . يمكن أن تحتوي المحطة على حاسوب ألكتروني لأتمتة أعمال كشف

وإعماء عدد من الأهداف يصل إلى الـ10 . وعند ذلك ، وحسب مواصفات الوسائط الألكترونية الراديوية الموضوعة مسبقاً في ذاكرة الحاسوب ، يتم تحديد نوع الواسطة وأنظمة عمل مرسلات التشويش التسديدي الملائمة . يوضح لنا الشكل (جـ 13) ، محطة تشويش ، تستخدم للحماية الذاتية للمعدات العسكرية . ويمكن استخدامها ، أيضاً ، كمرسل تشويش لمرة واحدة ، مجهز بهوائي واحد ، يؤمن استقبال الإشارات الواردة من الوسائط الألكترونية الراديوية وإشعاع تشويش ضجيجي . يتم إطلاق مرسل تشويش المحطة للعمل بعد كشف الواسطة الألكترونية الراديوية المقصود إعماءها .

وعند تركيب عدة مرسلات تشويش ضجيجي مستقلة على حامل واحد ، تستطيع هذه المرسلات توليف ذاتها على التردد العامل لواسطة ألكترونية راديوية واحدة (انظر الشكل أ 14) ، الأمر الذي يؤمن زيادة في فاعلية إعمائها نتيجة إشعاع استطاعة تعادل محصلة إشعاعات المرسلات .



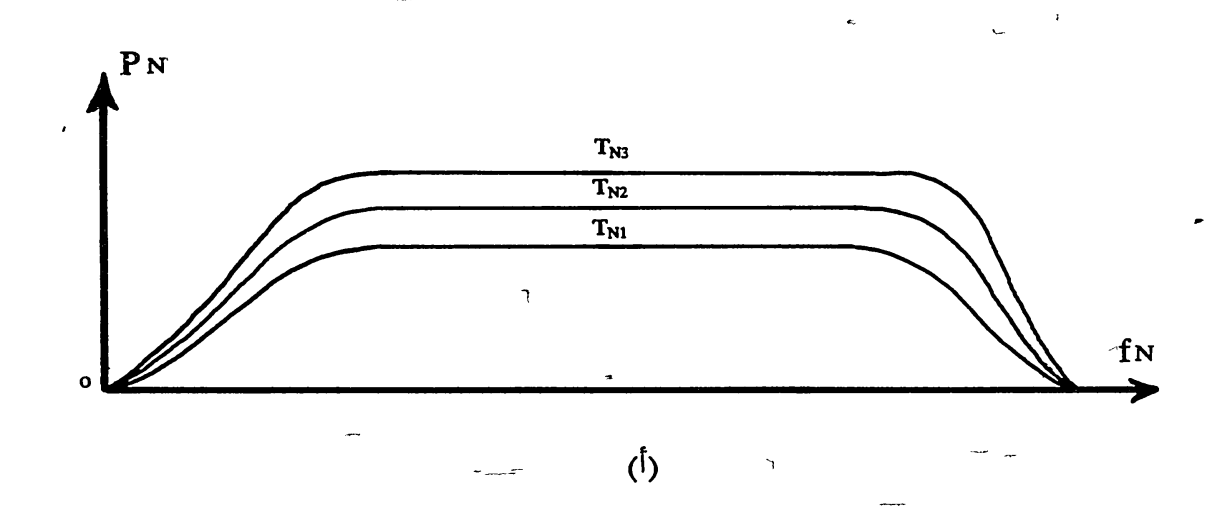
الشكل (13)

المخطط الصندوقي لوسائط التشويش التمويهي ضد محطات الرادار.

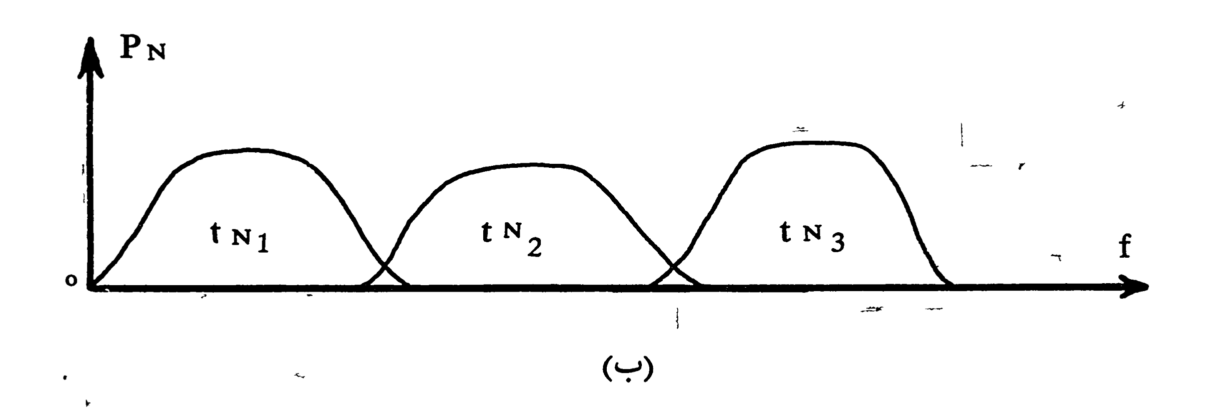
أ ـ مرسل ضجيج مباشر ؛

ب ـ محطة حماية مشتركة ؛

حـ ـ محطة حماية ذاتية



(أ)



(ب)

الشكل (14)

أنظمة التحميل ؛

(أ) اوالتشتيت
(ب) لإشعاعات مرسلات التشويش ضمن مجال إعماء الواسطة الألكترونية الراديوية المستهدفة .

يعقد الاستخدام المركب لعدد من المرسلات إمكانية الابتعاد و(الانزياح) عن التشويش لدى الوسائط المستهدفة . إلى جانب أنه يرفع من درجة أمانة الإعماء الألكتروني ، لأن خروج أحد مرسلات التشويش من الجاهزية الفنية لا يؤدي إلى توقف عمل المنظومة . يؤمن استخدام عدة مرسلات تشويش ، تعمل على قطاعات ترددية متداخلة ، تغطية مجال عمل عريض ، لمحطات الرادار ، العاملة على ترددات مختلفة ضمن مجال عام واحد (الشكل ب 14) .

يمكن أن تزيد إمكانية الإعماء بواسطة التشويش الضجيجي نتيجة لاستخدام عدة مرسلات

تشويش ذات استطاعات ضعيفة . عندها تستطيع بعض المرسلات أن تعمل ضمن مجال ترددي واحد كل على هوائيه ، أو من مولد ضجيج واحد ، تعطى إشاراتها إلى أنظمة خرج مختلفة ، كل واحد منها يتألف من مضخم وهوائي . وفي مثل هذا النوع من منظومات الإعماء الألكتروني تكون استطاعة البث العامة :

$$P_{TN} = (P_{N1} + P_{N2} + \ldots + P_{Nm}).\ G_a;$$

حيث هنا : Ga ـ عامل تضخيم الهوائي .

إن محطات التشويش التقليدي هي عبارة عن معيدات إرسال ، تستقبل الإشارات النبضية أو المستمرة ، الصادرة عن محطات الرادار ، وتقوم بتضخيمها وتعديلها مطالياً ، ترددياً أو طورياً وتبثها باتجاه المحطة المستهدفة (على شكل إشارات أحادية أو متسلسلة) مشكلة بالنسبة لها أهداف كاذبة ذات مدى وسرعة مختلفتين واتجاه منحرف (مزاح) .

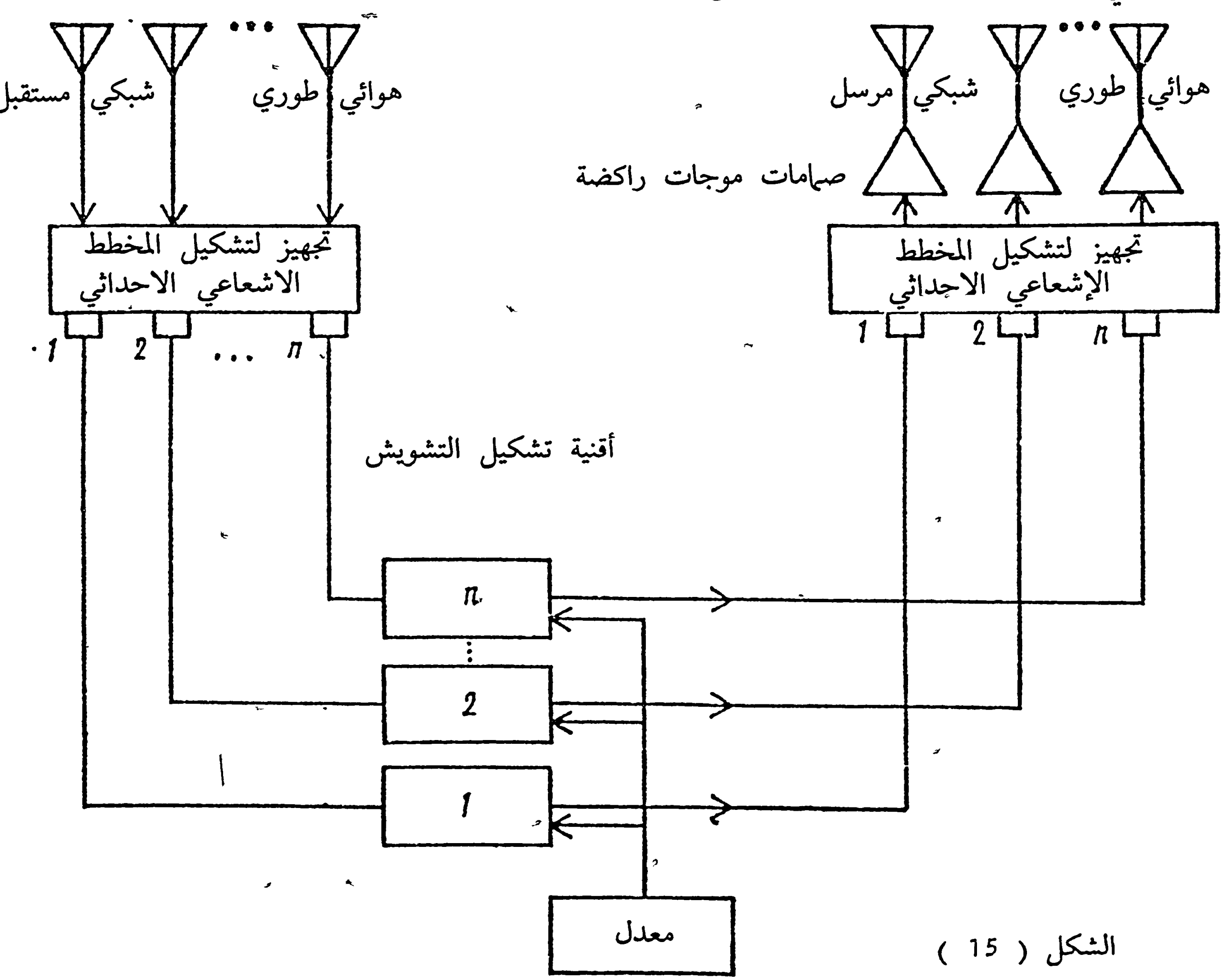
ومن بين الأنواع المتعددة لمعيدات الإرسال ، تعتبر معيدات الإرسال التضخيمية ، التي تتعامل مع الإشارات النبضية أو المستمرة الأكثر بساطة . ويمتلك هذا النوع من معيدات الإرسال عدد من وحدات التضخيم موصولة على التسلسل أو التوازي مع دارة ذاكرة ومقلدات للأهداف .

يتشكل النموذج المبسط من معيدات الإرسال من هوائيين (مستقبل ومرسل) وتجهيزات استقبال وتضخيم . وفيه يتم استقبال الإشارات الواردة من محطات الرادار المستهدفة من قبل هوائي الاستقبال وبعدها يتم تضخيمها وتحويلها وبثها بواسطة هوائي الإرسال على تردد المحطة المستهدفة .

يستخدمون في معيدات الإرسال مضخمات مصممة على صمامات الموجات الراكضة ، الماغنترونات أو على صمامات غازية . يمكن للمضخمات العاملة على النظام النبضي أو المستمر أن تكون موصولة على التسلسل أو على التوازي . تتميز مضخمات معيدات الإرسال بعامل تضخيم كبير ، وبجاهزيتها السريعة للعمل وبامتلاكها مجال إمراري عريض وبمقدرتها على تحميل الاهتزازات الكهرطيسية أنواعاً مختلفة من الضجيج المعدل .

يمكن للإشارات المستقبلة من قبل معيدات الإرسال أن تبث بتأخير زمني ما ، يتم الحصول عليه نتيجة مرورها عبر خطوط التأخير الزمني ، التي هي عبارة عن كابلات محورية أو خطوط دليل الموجة وغيرها . فإذا كان تردد الإشارات المستقبلة ثابتاً ، عندها تستطيع معيدات الإرسال إشعاع نبضات تشويش ذات سبق زمني لتشكيل تشويش إزاحي بإحداثيي السرعة والمسافة .

وكمثال على معيدات الإرسال المؤتمتة ذات مرسل تشويش معيد الإرسال ، يمكن أن يكون معيد الإرسال ذي الهوائي الشبكي الطوري مع تجهيزي تشكيل المخططات الإشعاعية (الشكل 15) . وفيه تعطى الإشارات الراديوية الواردة عبر الاتجاه المتوافق مع القناة 1 لهوائي الاستقبال الشبكي وخلال المسطرة 1 لمعيد الإرسال ، إلى دخل تجهيز تشكيل المخطط الإشعاعي الأول وتبث خلال العنصر 1 ، التابع لهوائي الإرسال الشبكي الطوري باتجاه الواسطة الألكترونية الراديوية المستهدفة . بهذا الشكل يتم الحفاظ على اتجاه بث التشويش إلى الوسائط المستهدفة ، التي تم استقبال الإشارات الراديوية الواردة منها ، عن طريق مختلف عناصر الهوائي الشبكي الطوري . يستخدم التشويش المرسل ، حسب طريقة تعديله ، لإزاحة محطة الرادار بإحداثي السرعة وإعماء أنظمة التعيير الأوتوماتيكي للتضخيم في محطات الرادار ذات المسح المخروطي لمخطط هوائياتها الإشعاعي ، عن طريق التعديل المطالي والطوري للإشارات المعاد إرسالها . وفي نفس الوقت ، يمكن إرسال تشويش ضجيجي لتمويه الإشارات المنعكسة عن الهدف .



الشكل (15)

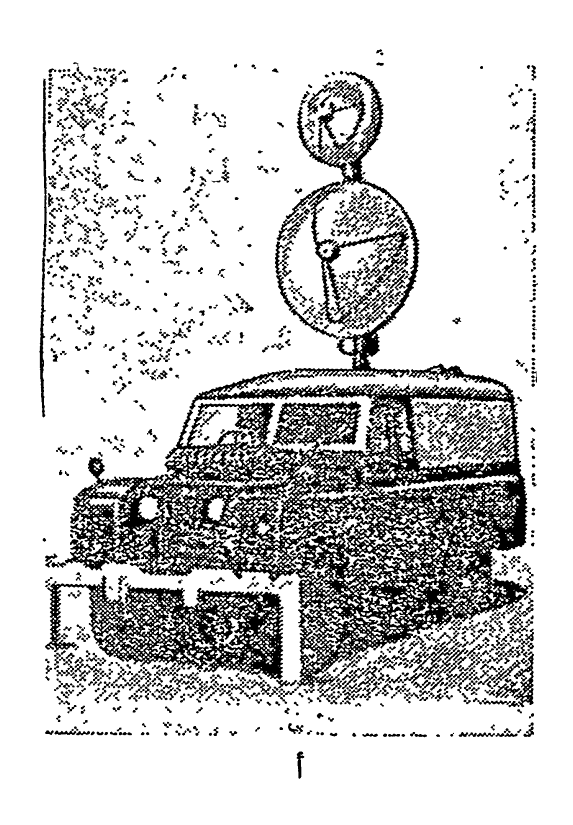
المخطط الصندوقي لمعيد الإرسال ذي الهوائي الشبكي الطوري وتجهيزات تشكيل المخططات الاشعاعية .

تتميز مرسلات التشويش الجوابي بحجم ذي أبعاد صغيرة وبوزن خفيف ، وتستهلك طاقة تغذية قليلة ، ولا تحتاج بعد التوليف المسبق إلى خدمة يقوم بها طاقم بشري . يسمح هذا الأمر بتركيبها لا على السفن أو الطائرات الضخمة فحسب ، بل حتى على المطاردات والصواريخ .

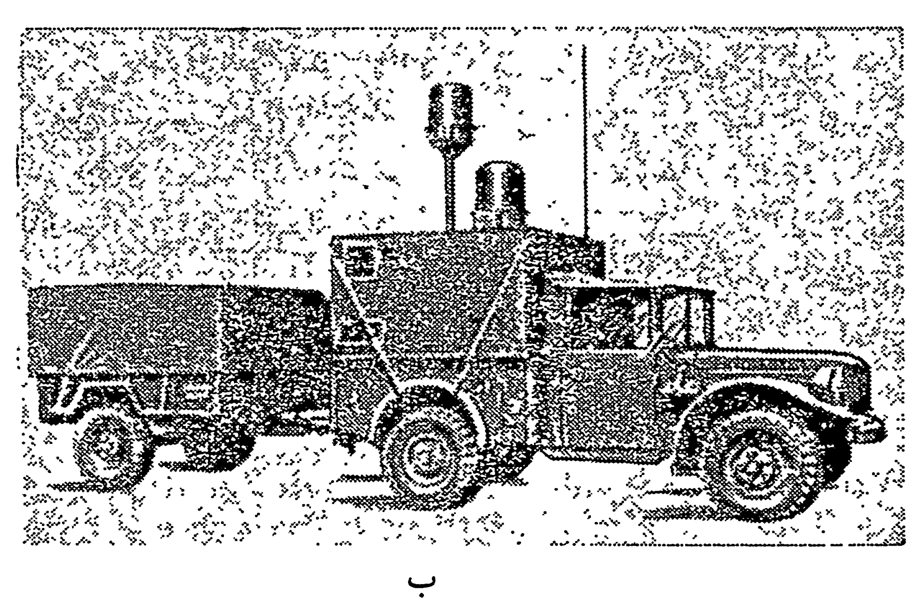
في الغرب ، يستخدمون المحطات متعددة الأغراض ومنظومات التشويش أيضاً ، القادرة على إنتاج تشويش ضجيجي تمويهي أو تقليدي معاد على التسلسل أو في نفس الوقت ، ضد أنواع مختلفة من الوسائط الألكترونية الراديوية ، العاملة على نظام الإرسال المستمر أو النبضي على حد سواء . ولتشكيل التشويش الضجيجي يُستخدم مولد الضجيج ، أما إذا أردنا تشكيل تشويش معاد فنستخدم الهوائي الذي يستقبل الإشارات الواردة من الوسائط الألكترونية الراديوية المستهدفة .

يمكننا تركيب محطات التشويش في مقطورات تجرها عربات أو في كبائن العربات (انظر الشكل 16) وفي الطائرات وعلى السفن .

تم تركيب أحد أنواع أنظمة التشويش الراديوي للحماية الجوية المشتركة ALQ–99 (انظر الشكل 17) في طائرات الحرب الألكترونية نموذج EA–6B «برولير» وEF–111A . تتموضع منظومة التشويش هذه في الطائرة EA–6B في خمسة صناديق ، يحتوي كل واحد منها على مستقبل راديوي ومرسلي تشويش كبيري الاستطاعة ، ومجموعة الهوائيات ومولدات توربينية استطاعة كل منها 27 كيلو فولت آمبير . أما الحاسوب ووحدة المؤشرات وعناصر التحكم فوضعت في قسم الموازنة الذيلية العمودية الانسيابي وفي أجزاء أخرى من جسم الطائرة . يقوم الحاسوب الألكتروني بالتعامل مع معلومات مراقبة الوسائط الألكترونية الراديوية ويتحكم بإشعاعات مرسلات التشويش ضمن قطاع أفقي قدره 30° . تؤمن المحطة إنتاج تشويش تسديدي على تردد واحد أو ترددين مصحوباً بتشويش ضجيجي تمويهي متأرجح .



أ

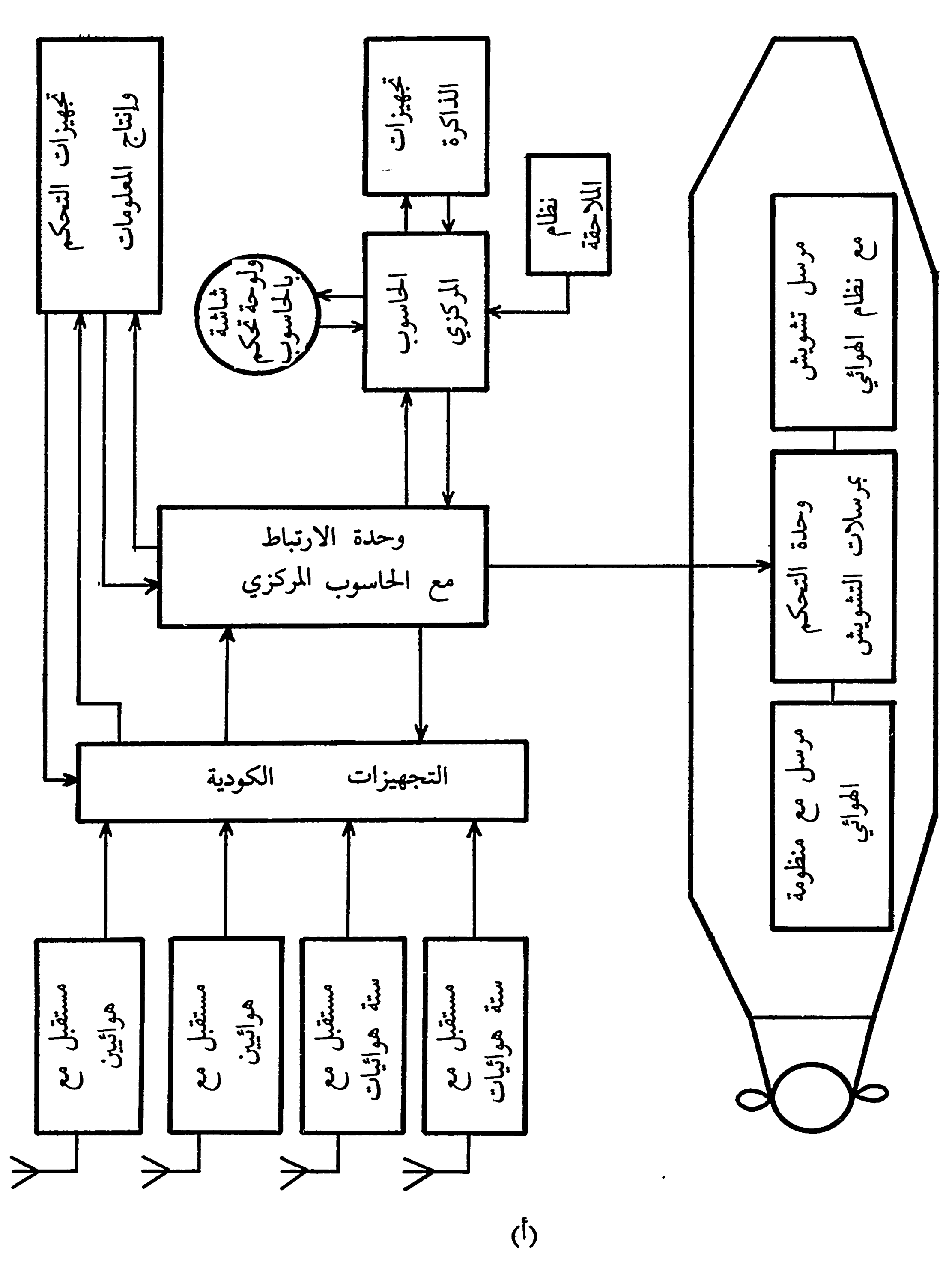


ب

الشكل (16)   محطات تشويش

أ- محطة تشويش ضد محطات الرادار . (R-405 J)

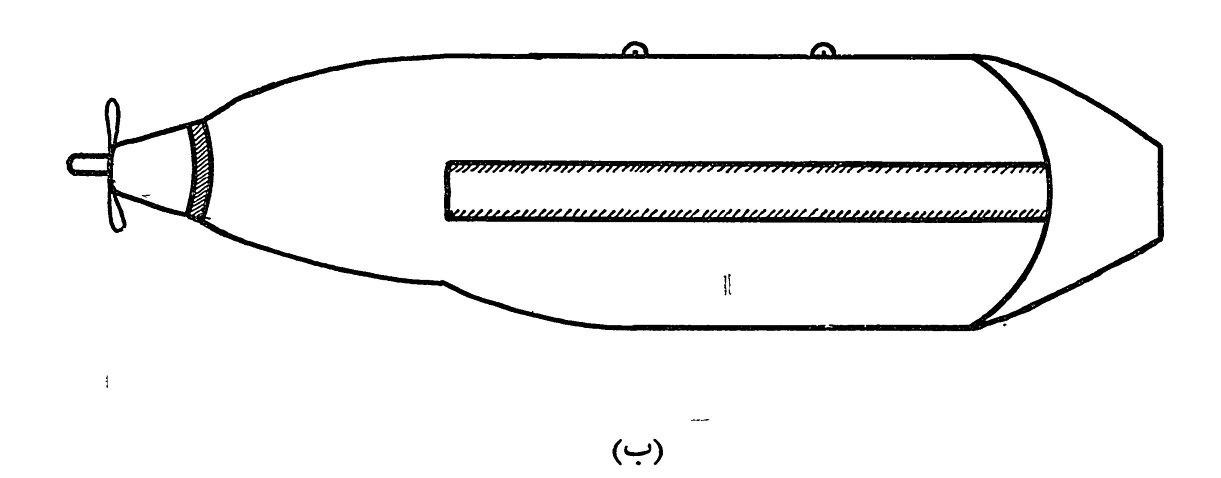
ب- محطة تشويش متعددة الأغراض . (MLQ-28) .



(أ)

الشكل (17)

أ- المخطط الصندوقي .



(ب)

ب ـ الشكل الخارجي لمنظومة تشويش جوية للحماية المشتركة
ALQ-99

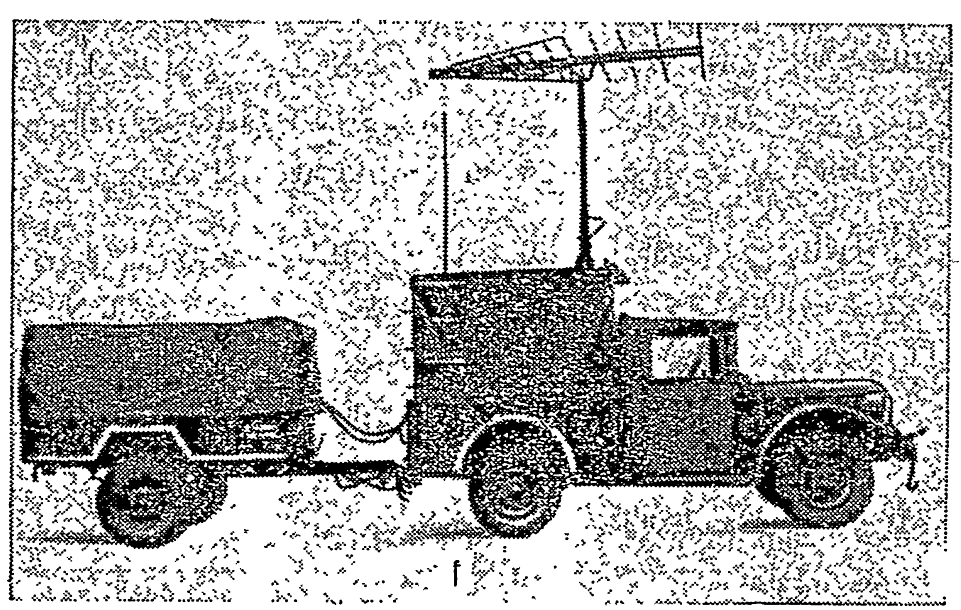
تستطيع محطات التشويش الحديثة ضد محطات الرادار العمل على ثلاثة أنظمة : أوتوماتيكي ؛ نصف أوتوماتيكي ـ عندما يحدد الحاسوب الألكتروني وجود محطات رادار عاملة ،أما عامل المنظومة فيقوم بانتخاب الهدف لإعمائه أو لاتخاذ قرار بإصدار التشويش ـ ، يدوي ، عندما يقوم عامل المنظومة بالبحث عن إشارات محطات الرادار وتحليلها وتقدير الموقف الألكتروني الراديوي وإطلاق مرسلات التشويش للعمل والتحكم بأنظمة عملها .

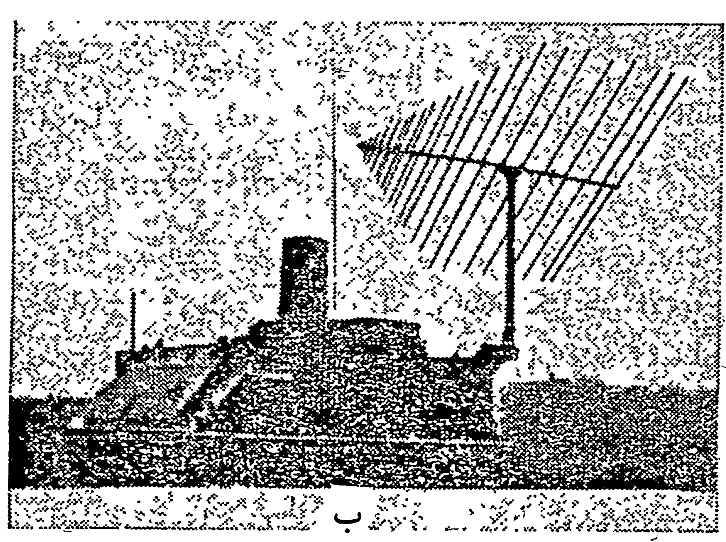
تعمل محطات الحماية الذاتية للطائرات على نظام التحكم الأوتوماتيكي بإشعاعات التشويش ، التي تنحصر في التوزيع المنطقي للتشويش لإعماء عدة محطات رادار في آن واحد على قاعدة تقدير الموقف الألكتروني الراديوي المتشكل . عند ذلك ، تحصل كل محطة مستهدفة على جرعة محددة من طاقة التشويش من الاستطاعة الأعظمية المصروفة على ذلك . إن هذه الطريقة محققة في محطات التشويش الراديوي للحماية الذاتية نموذج ALQ-165 ، المركبة في طائرات القوى الجوية

وعلى سفن الأسطول البحري الحربي . وحسب تقدير أخصائيي الولايات المتحدة الأمريكية ، يؤدي تجهيز الطائرات بمثل هذا النموذج من المحطات إلى انخفاض فاعلية صواريخ الدفاع الجوي ، الموجهة من قبل محطات الرادار ذات شعاع المسح المخروطي ، حتى 80% ، أما تلك الموجهة من قبل محطات الرادار متعددة النبضات ، فحتى 50% .

محطات التشويش ضد الاتصالات اللاسلكية وخطوط إرسال المعلومات . يمكننا إعماء الاتصالات اللاسلكية عن طريق التشويش الضجيجي ، المعدل مطالياً ، ترددياً ، طورياً أو

بإرسال موسيقى مثيرة للأعصاب ، أو تحريف المخاطبات اللاسلكية والإشارات الصوتية بواسطة إدخال الضجيج . يتم إعماء خطوط نقل المعلومات الراديوية بإعادة بث نبضات تقلد شيفرة الإرسال وبالإعادة المتكررة للإرسالات الملتقطة وإعادة بث الإشارات بعد تعديل طوري إضافي . إلى جانب ذلك ، يمكننا إعماء خطوط الاتصالات ونقل المعلومات اللاسلكية بواسطة تشويش نبضي عشوائي ، وتشويش يقلد الإرسالات اللاسلكية المسجلة .


أ


ب

الشكل (18)

الشكل الخارجي لمحطات التشويش ضد الاتصالات اللاسلكية .

أ - نموذج MLQ-27 ؛

ب - VLQ-1 .

تؤمن تجهيزات استقبال محطات التشويش على الاتصالات اللاسلكية الغربية (انظر الشكل 18) استقبال إشارات الوسائط اللاسلكية المستهدفة . أما المحلل فيحدد نوع التعديل وعرض الطيف والمواصفات الأخرى للإشارات المستقبلة . أما تجهيزات الإرسال ، فتولد اهتزازات تشويشية ذات تردد عالي ومعدلة . ويجب أن تكون استطاعتها كافية لكي تكون استطاعة التشويش في نقطة الاستقبال أكبر أو قريبة من استطاعة الإشارة ، الواردة من مرسل منظومة الاتصالات اللاسلكية . وهذا يجب أن يميز الاتصالات الراديوية السمعية بشكل خاص ، التي تمتلك درجة حماية عالية من التشويش بالمقارنة مع الأشكال الأخرى للاتصالات اللاسلكية ، لأن الأذن البشرية تستطيع تمييز الإشارات المفيدة حتى عند تأثير مستوى عالي من التشويش .

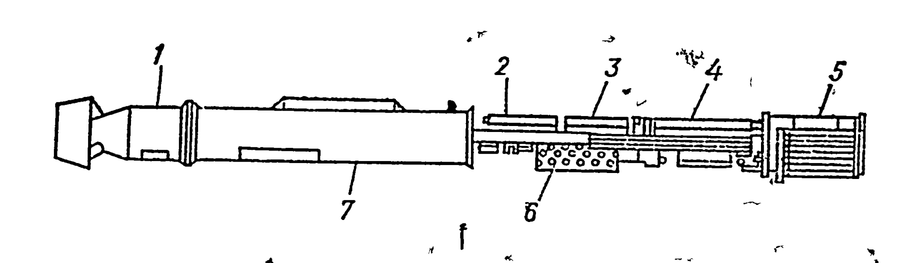
تحدد أنواع تعديل الاهتزازات ، المولدة من قبل مولد الجهد الضجيجي والمعدل ، عادة ، بشكل تعديل الإشارات المرسلة في خطوط الاتصالات اللاسلكية وبظروف تشويه جلاء الحديث ، الذي عنده يصبح من غير الممكن استقبال المعلومات المرسلة . يحدد جلاء الحديث بالتناسب بين طيفي استطاعة الإشارة والتشويش ، المشكل في مخرج أجهزة الاستقبال . وأكثر ما يؤثر على جلاء الحديث المركبات الطيفية ، المحصورة بين الترددين 300 حتى 2400هيرتز . وعادة يتوقف عامل اللاسلكي عن فهم معنى المعلومات عند فقدانه استقبال 50%من المعلومات المرسلة .

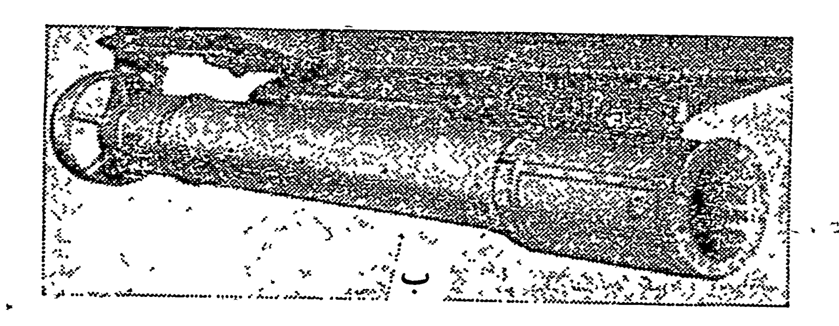
يؤمن تجهيز الهوائي إشعاع طاقة الترددات العالية في الفضاء ، الواصلة إليه عن طريق الكابل المحوري أو خط دليل الموجة . يقوم مفتاح الهوائي بوصل مختلف أنواع الهوائيات بالمستقبل أو المرسل وبمكافىء الهوائي ، الذي يؤمن توليف تجهيزات الإرسال دون الحاجة لبث طاقة الأمواج الراديوية في الفضاء .

أنتجت أحدث نماذج محطات التشويش ضد الاتصالات اللاسلكية على الأمواج القصيرة جداً في بريطانيا ورمز لها بـ RJS3100 ، وهذه المحطة قادرة على العمل على خمسة أنظمة . الأول ـ العمل في نفس الوقت لمراقبة ترددات مختارة يصل عددها إلى الستة عشر (تحفظ أربعة منها في ذاكرة الحاسوب الألكتروني) والإعياء الأوتوماتيكي للاتصالات اللاسلكية بأولويات معينة وباستراحات زمنية لا تتجاوز الثانية الواحدة . الثاني ـ المسح الأوتوماتيكي (السطع الدوري) لصالح تشكيل التشويش المناسب . فإذا كشف هدف أكثر أولوية (خطراً) ، عندها يتم توليف مرسلات التشويش بشكل أوتوماتيكي عليه . الثالث ـ البحث الحر من قبل مستقبلين وتشكيل تشويش حتى الانتهاء من إعياء الشبكة اللاسلكية أو الاتجاه اللاسلكي دون التقيد بأية أولويات . الرابع ـ تشكيل تشويش على تردد واحد حسب ما يراه عامل اللاسلكي مناسباً . الخامس ـ السطع الراديوي دون تشكيل التشويش .

محطات التشويش ضد الوسائط الألكترونية الضوئية البصرية . نظراً لتزايد كمية الوسائط الألكترونية الضوئية البصرية واتساع المهمات التي تقوم بتنفيذها ، فقد أعار الغرب اهتماماً لعمليات كشفها وإعمائها . يمكن للتشويش الإيجابي الضوئي أن يعمي الوسائط الألكترونية الضوئية ، الأمر الذي يعيق كشف المواقع (الأهداف) وتوجيه الأسلحة . لاقت مرسلات التشويش على الأشعة تحت الحمراء استخداماً واسعاً في هذا المجال ، وهي عبارة عن مصادر إشعاع غير مترابطة . ويعتبر النموذج ALQ 123 (انظر الشكل 19) ، من أحد نماذج هذه المرسلات ، ويركب في القسم الذيلي من الطائرة المراد حمايتها ويقوم بإرسال اشعة تحت الحمراء ذات استطاعة عالية ضمن طيف ترددي ، يوافق الطيف الترددي للأشعة الصادرة عن محركها النفاث ، الأمر الذي يعمي رؤوس التوجيه الذاتية الحرارية للصواريخ من نوع (جو- جو) .

أما محطة التشويش نموذج ALQ-147 فتركب على خزان الوقود الخلفي الملتحم مع جناح الطائرة . تعدل الأشعة الحرارية الصادرة عنها بذلك الشكل ، الذي يُدخل إلى رؤوس توجيه الصواريخ الحرارية المضادة للطائرات ، إشارة خطأ تحرف الصاروخ عن الهدف .





الشكل (19)

مرسل تشويش يعمل على الأشعة تحت الحمراء ويركب على الطائرات .

نموذج ALQ-123

أ- التجهيزات ؛ ب- الشكل الخارجي ؛ 1- مولد كهربائي ؛ 2- وحدة ألكترونية ؛ 3- وحدة تغذية ؛ 4- معدل ؛ 5- منبع إشعاعي ؛ 6- لوحة اختبار ، 7- غطاء .

تتالف محطات التشويش اللايزرية بما فيها مقاييس المسافة اللايزرية وباحثاتها وأنظمة سطعها واتصالاتها ، من تجهيزات بحث ومقارنة وتحديد أنظمة عمل الوسائط الألكترونية الضوئية ، وعلى مرسل تشويش تسديدي أيضاً . يمكن كشف (سطع) وسائط التشويش اللايزرية المشعة عن طريق الآثار التي تتركها إشعاعاتها في طبقة الأوتموسفير أثناء انتشارها ، أما كشف الوسائط السلبية فيتم بطريقة السبر الضوئي ، أي بالانتشار الضوئي المعاكس لعناصر نظام الوسائط اللايزرية المعادية . وتنبع صعوبة تصميم وإنتاج وسائط التشويش اللايزرية من حقيقة أنها تعمل على ترددات ثابتة من مجال الأمواج الضوئية . ولا تزال الوسائط اللايزرية ، التي يمكن تغيير توليف تردداتها ، تمتلك مؤشرات منخفضة بمستوى طاقة إشعاعاتها ووزنها وأبعاد حجمها .

في عام 1978 ، أنتجت شركة «هيوز» محطة تشويش ضوئي لايزرية تراوحت استطاعتها بين (100 و1000) واط وأطوال أمواج تردداتها بين (2–5) ميكرو متر . أما دقة توجيه شعاعها فكانت 100 ميلي راديان .

إن التشويش الضوئي قادر على التأثير ، ليس على وسائط الإشعاع تحت الحمراء واللايزرية والتلفزيونية فحسب ، بل أيضاً على الأعضاء البصرية للناس . فعلى سبيل المثال ، يمكننا استخدام الوسائط اللايزرية والكاشفات الضوئية (براجكتورات) لإعماء وسائط توجيه المدفعية الألكترونية البصرية وطاقم توجيهها البشري ، كما يستخدم لهذا الغرض الصمامات والأبيال النبضية . إن الأجهزة الضوئية (ذات العدسات) بتركيزها الطاقة الضوئية الواردة في نقطة واحدة ، تستطيع تخريب شبكية عين الإنسان ، الذي يقوم على استخدام الجهاز وإعمائه أيضاً . ويظهر تأثير المشعات الضوئية جلياً في أوقات الظلام ، حيث تكون العين البشرية حساسة جداً لسقوط الطاقة الضوئية عليها .

مرسلات التشويش الألكتروني ذات الاستخدام لمرة واحدة .

أُطلق على مرسلات التشويش الصغيرة ، التي تنشر في مواقع انتشار الوسائط الألكترونية الراديوية للتأثير على عملها أو إعمائها ، تسمية مرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة . وحسب معلومات الصحافة الغربية ، تخصص هذه المرسلات لإعماء وسائط الاتصالات اللاسلكية العاملة على الترددات القصيرة جداً ضمن مجال ترددي يتراوح بين (30 و500) ميغاهيرتز ، وضد الوسائط الرادارية لمنظومات الدفاع الجوي بين (500 و10000) ميغاهيرتز ، وضد محطات رادار توجيه مدفعية الميدان بين (2000 و4000) ميغاهيرتز ، وضد رؤوس التوجيه الرادارية الذاتية للصواريخ بين (8000 و20000) ميغاهيرتز . تعمل هذه المرسلات على نظام التشويش التسديدي والحاجبي وترددي الكنس التمويهي منه والتقليدي . تستطيع هذه المرسلات عندما تعمل على النظام الحاجبي بتغطية مجال عمل عدة وسائط ألكترونية راديوية . أما على النظام التسديدي فتولف على تردد المحطة المستهدفة ، أما على نظام الكنس فتتمكن من إعماء عدة محطات ، تعمل على ترددات متقاربة .

تستطيع مرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة تشكيل تشويش ضجيجي أو نبضي أو مستمر ذي تعديل مطالي أو ترددي .

أما حسب استطاعة الإشعاع فيصنفونها إلى ثلاثة صنوف : الضعيفة (حتى 1 واط) ، المتوسطة (حتى 10 واط) والقوية (أكثر من 10 واط) .

يتألف مرسل التشويش ذي الاستخدام لمرة واحدة من هوائي إرسال واستقبال (واحد أو اثنان) ، مضخم ، مولد تشويش أو معيد إرسال ومنبع تغذية (انظر الشكل 20) . وأهم أنواع الهوائيات المستخدمة فيها هي الهوائيات الديبولية النصف موجية والهوائيات الشبكية ، التي تبث دائرياً أو باتجاه واحد ما محدد . ومضخماتها تكون عبارة عن صمامات موجات راكضة أو ماغنترونات أو من العناصر عالية التحمل للظروف الجوية وصدمات السقوط . وكمنابع للتغذية الكهربائية مدخرات فضية ـ زنكية ، هيدروليزية ـ فلورية ، نيكلية ـ كادمية ، فضية زنكية مكولرة ، ليتومية أو من الماغنيزيوم . تستطيع مرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة ، تشكيل تشويش على تردد موضوع مسبقاً أو بواسطة التوليف الألكتروني بالتردد ضمن مجالات محددة أو من نبضة إلى أخرى . نجد على الشكل (20أ) أنه أستخدم تجهيز التوليف على تردد المحطة المستهدفة ، التي تمت معرفة مجال ترددها العامل مسبقاً . يتشكل تابع تغيير التوليف في المرسلات على أساس قياس العرض والتردد التكراري لإشارات محطة الرادار النبضية . يجب على المجال التوليفي الترددي الممكن للمرسلات أن يستطيع تغطية كامل المجال العامل لمحطة الرادار المعادية . وعندما يقع تردد المولد القفزي ضمن المجال الإمراري لتجهيزات استقبال المحطة المستهدفة ، يمر خلال مدخلها تشويش ، يكون عبارة عن عدد من علامات أهداف كاذبة على أمدية مختلفة .

(أ)

مولد ضجيج

مضخم موجات راكضة

مولد ضجيج مع توليف ألكتروني

تجهيزات التحكم بالتوليف

تجهيزات المراقبة والقياس

كاشف

ب

$U_{Rar}(t)$ — T Radar — 1 — 0 — t

$U_{TN}(t)$ — f'_{Radr} — 2 — 0 — t

U_{in} Radar (t) — T n 1 — 3 — 0 — t

(حـ)

الشكل (20) المخطط الصندوقي لمرسلات التشويش الضجيجي التمويهي أحادي الاستخدام .

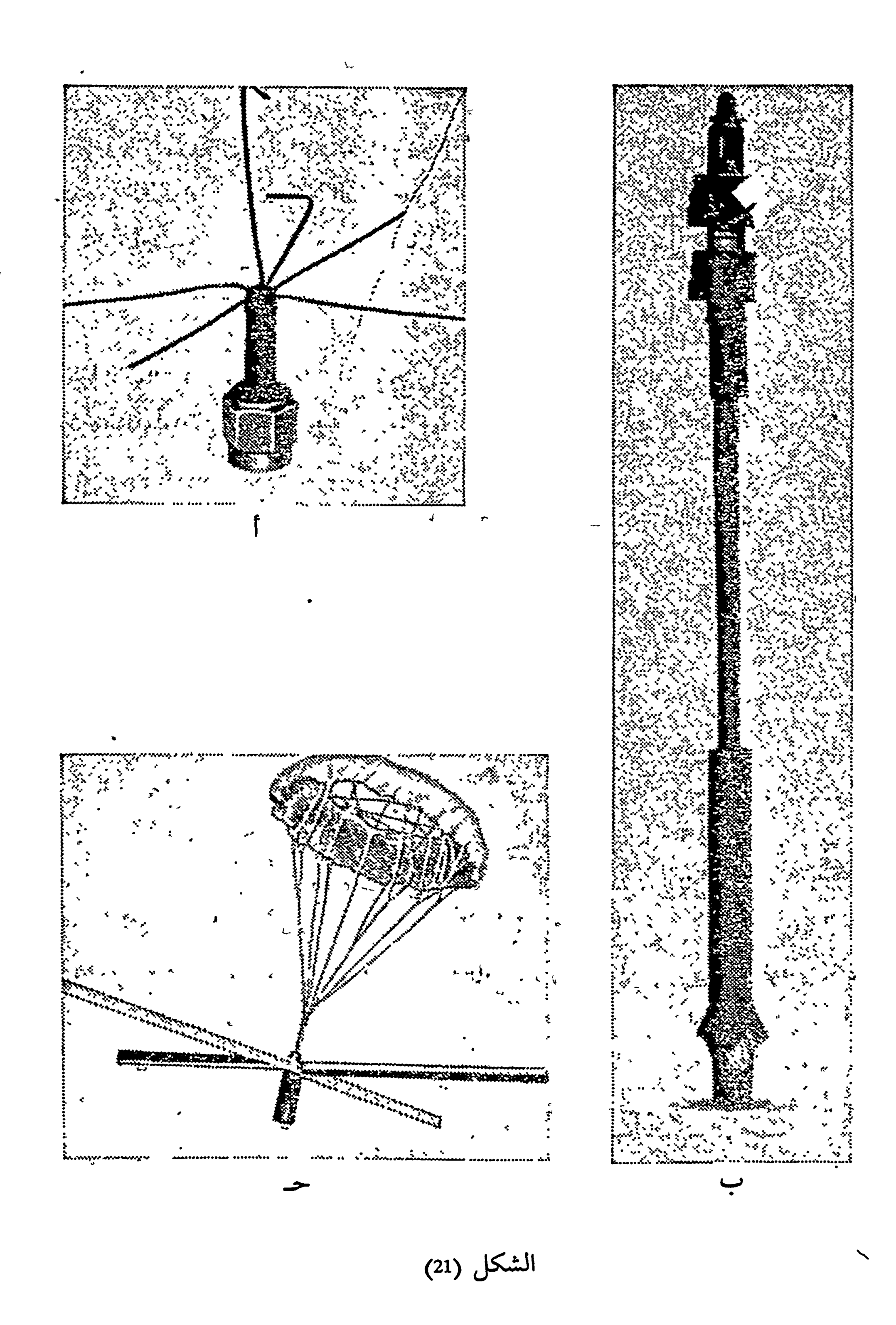
أ ـ تشويش جوابي ؛ ب ـ أشكال الجهود في المرسل ؛ حـ : 1 ـ الإشارات المستقبلة من محطات الرادار ؛ 2 ـ التغير الحاصل على ترددات الإهتزازات العالية جداً للمرسل ، 3 ـ نبضات التشويش على مدخل محطة

إن هذا النوع من المرسلات الموجودة في الغرب قادر على تشكيل تشويش يستمر من 10 دقائق حتى ساعتين . ويمكن إسقاطها في منطقة المحطات المستهدفة بواسطة طائرات بطيار أو بدونه أو صواريخ أو قذائف مدفعية أو قنابل جوية مبرمجة أو بالونات هوائية أو مفارز تخريب . تسقط هذه المرسلات من الطائرات بواسطة قذائف خاصة أو كاسيتات قنابل أو صواريخ موجهة أو مظلات مبرمجة أو ذات أجنحة . ومن الممكن قطرها أيضاً بالطائرات أو السفن أو الطائرات الشراعية أو المناطيد .

فعلى سبيل المثال ، صمم القاذف نموذج ALE-29 ، خصيصاً لرمي هذه المرسلات ، على شكل أسطوانة قطرها 3,5 سم وطولها 13,65 سم . أما القاذف نموذج ALE-24 فصمم على شكل مستطيل .

وبما أن مرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة مخصصة للتأثير المباشر على الوسائط الألكترونية الراديوية عن قرب ، لذا تكون ضعيفة الاستطاعة ، وذات حجوم صغيرة ووزن خفيف وتتطلب تغذية كهربائية ضعيفة وتتميز بقدرة احتمال ميكانيكية عالية ، تسمح بإسقاطها من الطائرات بدون مظلات أو بإطلاقها من سبطانات المدفعية .

يوضح الشكل (21) الشكل الخارجي لبعض نماذج مرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة ، العاملة على الأرض وفي الجو . ويوضح الشكل (21 ب) النموذج GLT-3 بعد إسقاطه من الطائرة في حاوية تحملها مظلة . طول هذا النموذج 183 سم وقطره 12,5 سم . وفور ارتطامه بالأرض يأخذ المرسل وضعاً عمودياً بواسطة وتد حاد . وبعدها تندفع المنظومة من الحاوية ، التي يوجد على سطحها الخارجي هوائي محدد الاتجاه الراديوي ، الذي يقوم بتحديد الاتجاه إلى الواسطة الألكترونية الراديوية . بعدها يتوجه هوائي الارسال إلى الواسطة المرصودة ، ويبدأ عندها المرسل ببث التشويش الراديوي ضمن مجال ترددي يتراوح بين (2000 و4000) ميغاهيرتز . ويستمر المرسل بالعمل لمدة ستين دقيقة . أما المرسلات التي تسقط بواسطة المظلات ، فتستطيع تشكيل تشويش إزاحي بإحداثي المسافة وتشويش جوابي متقطع ومتكرر ضد محطات رادار أنظمة الدفاع الجوي .



الشكل (21)

مرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة . أ ، ب ـ برية (تبدأ بالعمل بعد ارتطامها بالأرض) ؛ حـ مسقطة بواسطة مظلات .

ثالثاً ـ مدى تأثير التشويش الألكتروني الإيجابي

يتعلق مدى وسائط الإعماء الألكتروني بعوامل عديدة ، من بينها استطاعة تجهيزات الإرسال الراديوية للوسائط الألكترونية الراديوية والإعماء الألكتروني وبمواصفات هوائياتها وحساسية مستقبلاتها وظروف انتشار الأمواج الكهرطيسية وبأنواع الإشعاع وبطرق إنتاج الإشارات وبطول الموجات العاملة وبأساليب الحماية من التشويش . يؤثر ، إلى جانب ما ذكر سابقاً ، على مدى وسائط الإعماء الألكتروني درجة كثافة التشويش الصادر عن الأغراض المحلية وسطح الأرض (الماء) وعن المصادر غير الأرضية (الجوية) وطبيعة إشعاع وتناثر وانعكاس الأمواج الكهرطيسية عن الأهداف ، الواقعة في مجال مراقبة الوسائط الألكترونية الراديوية . إن عملية أخذ جميع العوامل السابقة بعين الاعتبار وحسابها ، هي عملية معقدة جداً . ونظراً لذلك ، يقدر مدى إعماء الوسائط الألكترونية الراديوية واستطاعة وسائط الإعماء الألكتروني المستخدمة لهذا الغرض رياضياً بقيم متوسطة ويدقق هذا العمل الرياضي أثناء مجرى الاختبارات العملية .

نستطيع إعماء الوسائط الألكترونية الراديوية بواسطة وسائط الإعماء الألكتروني في تلك الحالة ، التي تزيد فيها استطاعة التشويش الواقع ضمن المجال الإمراري للمستقبل الراديوي ، عن استطاعة الإشارة بقيمة أصغرية حدية ، تميز نوعي التشويش والإشارات المستخدمة .

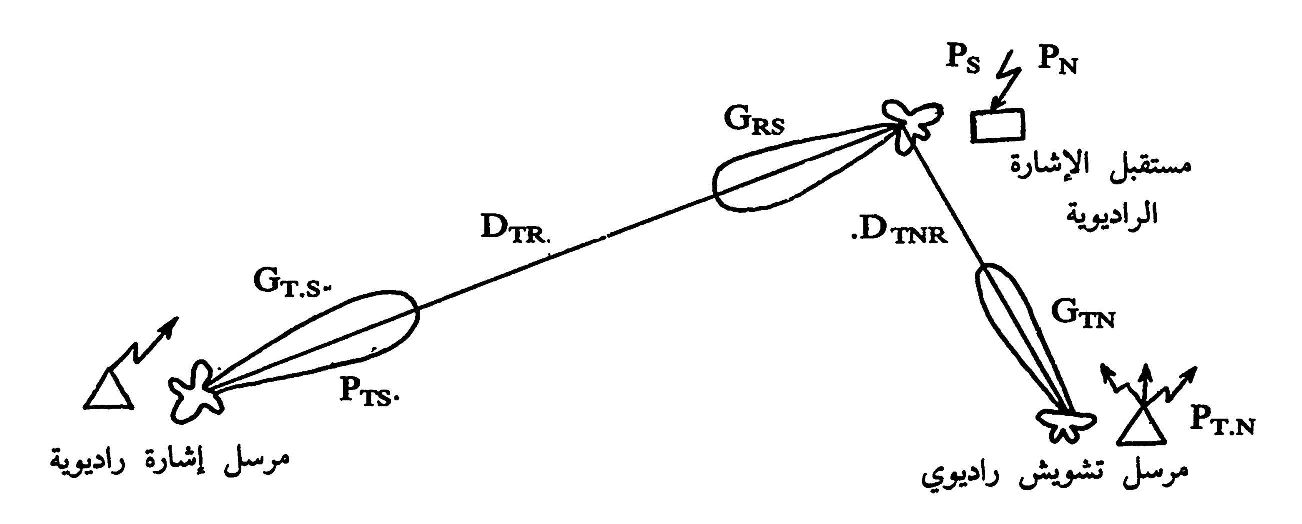
تسمى النسبة الأصغرية الحدية الضرورية بين استطاعتي التشويش التمويهي P_N والإشارة ، عند مدخل المستقبل المستهدف وضمن الجزء الخطي من مجاله الإمراري حينما نصل إلى المستوى المطلوب لإعماء الوسائط الألكترونية الراديوية بعامل الإعماء بالاستطاعة K_N

$$K_N = \left(\frac{P_N}{P_S} \right)_{in.min.};$$

وعملياً ، يستخدمون أحياناً مفهوم «عامل الإعماء بالجهد»

$$K_{N.V} = \left(\frac{U_N}{U_S} \right)_{in.min.} = \sqrt{\left(\frac{P_N}{P_S} \right)_{in.min.}};$$

ويعتبر التشويش فعالاً ، إذا كانت نسبة استطاعته إلى استطاعة الإشارة المفيدة على مدخل تجهيزات الاستقبال . $K = \left(\frac{P_N}{P_S} \right)_{in.};$ أكبر من عامل الإعماء ، أي $K \geqslant K_N$. تتعلق قيمة K_N بشكلي التشويش والإشارة وايضاً بمواصفات مستقبل الواسطة الألكترونية الراديوية المستهدفة . وكلما كان العامل K_N أصغر ، كلما كان من الأسهل إعماء الواسطة المستهدفة بالتشويش ، عندما تكون الظروف الأخرى واحدة (متساوية) . ويسمى المجال الفضائي ، الذي ضمنه يكون $K \geqslant K_N$ بمنطقة إعماء الوسائط الألكترونية الراديوية ، أما عندما يكون $K \geqslant K_N$ فتسمى بمنطقة اللااعماء . ويحدد حدي هاتين المنطقتين بالخط الذي يكون فيه $K=K_N$. ويعرفون منطقة الإعماء بالحيِّز من الفضاء ، الذي تعمى فيه الوسائط الألكترونية الراديوية بفاعلية معينة . ولهذا يجب تحديد علاقة العامل K بمواصفات محطة التشويش والواسطة المستهدفة وبالتموضع النسبي بينهما .



الشكل (22) دارة تشكيل التشويش على الاتصالات اللاسلكية .

لنحدد قيمة العامل $K = \left(\frac{P'_N}{P_S} \right)_{in.}$ عند

مدخل تجهيزات الاستقبال أثناء تأثير التشويش على خط الاتصالات اللاسلكية (انظر الشكل 22) . نفترض أن الأمواج الكهرطيسية تنتشر في الفضاء الحر ، عندها تكون استطاعة الإشارة المفيدة (دون حساب الضياع) عند مدخل تجهيزات الاستقبال المستهدفة ، التي تقع ضمن المجال الإمراري لها :

$$P_{S.in} = \frac{P_{TS}.G_{TS}.G_{RS}.\lambda^2}{4\,\pi.\,D^2_{TR}} \;;$$

حيث هنا :

P_{TS} ـ استطاعة مرسل الإشارة الراديوية ؛

G_{Ts} وG_{RS} ـ عاملا تضخيم هوائيي مرسل الإشارة في اتجاه المستقبل والاستقبال باتجاه المرسل ؛

D_{TR} ـ المسافة بين مرسل ومستقبل خط الاتصالات اللاسلكية (مسافة الاتصال) .

إذا وقع المستقبل الراديوي المستهدف على سطح الأرض أو سطح الماء ، عندها من الضروري أخذ تاثير سطح التوضع والانتشار بعين الاعتبار .

أما استطاعة التشويش P_N ذات الطيف المتناسق بعرض ΔF_Nعند مدخل المستقبل والذي يقع في الجزء الخطي لمجاله الإمراري $\Delta F_{R.S}$ (عندما تكون $\Delta F_N > \Delta F_{RS}$) فتعطى بالمعادلة :

$$P_{N.in.} = \frac{P_{T.N}.G_{TN}.\gamma_N.\lambda^2.\Delta f_{RS}}{4\pi.D^2_{T.N.R}.\Delta f} \;.$$

حيث هنا :

$P_{T.N}$ ـ استطاعة مرسل التشويش ؛

$G_{T.N.}$ ـ عامل تضخيم هوائي محطة التشويش في اتجاه تجهيزات استقبال المحطة المستهدفة ؛

$D_{T.N.R}$ ـ المسافة بين مرسل التشويش ومستقبل الإشارة ؛

γ_N ـ عامل ، يأخذ بعين الاعتبار الاختلاف في استقطابي الإشارة والتشويش ويكون مساوياً الصفر عندما يكون استقطاب أحدهما من مضاعفات الواحد الصحيح بالنسبة للآخر أو عندما تكونان باتجاهي دورانهما ـ أثناء الاستقطاب الدائري . فإذا استخدمت محطة التشويش هوائي ذي استقطاب دائري ، وتجهيزات الاستقبال هوائي ذي استقطاب خطي ، عندها يصبح ($\gamma_N=0,5$) .

وبعد أن نبدل القيم P_s وP_N في المعادلة $K = (P_N/P_S)_{in}$;

نحصل على معادلة تدلنا على علاقة استطاعة التشويش باستطاعة الإشارة عند مدخل تجهيزات استقبال الواسطة الألكترونية الراديوية المستهدفة ضمن مجالها الإمراري :

$$K = \frac{P_{T.N.}G_{T.N.}D^2_{TR}.\Delta f_{R.S.}\nu_N}{P_{T.S.}G_{T.S.}D^2_{T.N.R.}\Delta f_N};$$

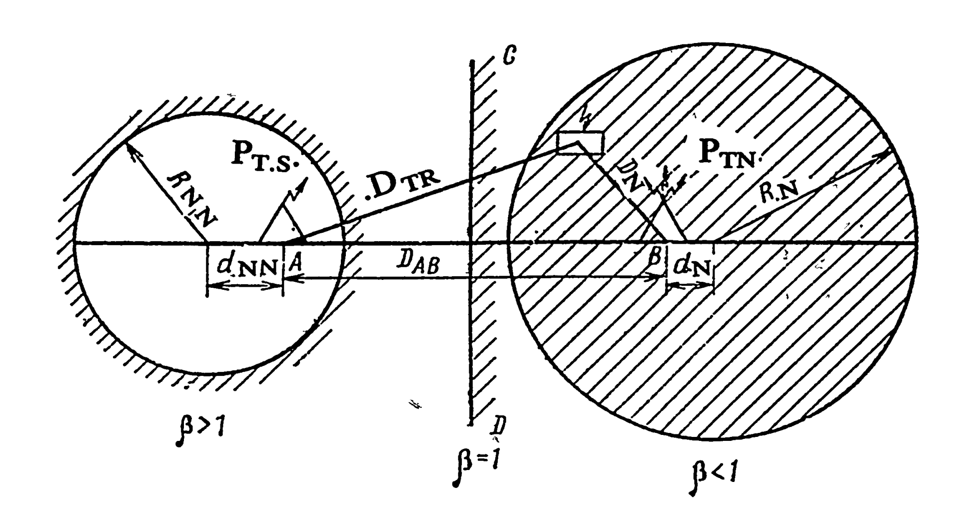
وإذا ساوينا العامل K بعامل الإعماء ، يمكننا أن نحصل على الاستطاعة الضرورية لمرسل التشويش ، التي تستطيع إعماء الواسطة الألكترونية الراديوية :

$$P_{T.S.min} = K_N \frac{P_{TN}.G_{TN}.D^2_{TNR}.\Delta f_N}{G_{TN}.D^2_{TR}.\Delta f_{RS}.\nu_N};$$

يتغير مقدار مدى إعماء خطوط الاتصالات اللاسلكية حسب كثافات طاقة وشكل المخطط الإحداثي الإشعاعي لمحطات الاتصالات اللاسلكية والتشويش وتموضعهما النسبي :

$$D_{TNR} = D_{TR.} \sqrt{\frac{P_{TN}.G_{TN}.\Delta f_{RS}.\nu_N}{P_{TS}.G_{TS}.\Delta f_N.K_N}};$$

فإذا رمزنا لما تحت الجذر في المعادلة بالرمز β ، فإنه عندما تكون $\beta<1$، أي عندما تكون كثافة طاقة محطة التشويش أقل من كثافة طاقة المرسل الراديوي لخط الاتصال اللاسلكي ، فتصبح منطقة الإعماء عبارة عن دائرة نصف قطرها $R_N = D_{AB}.\beta/(1-\beta^2)$; ومركزها مزاح إلى الجهة المعاكسة للاتجاه الذي يدل إلى مرسل الاتصال اللاسلكي ، بمقدار $d_N=R_N$ (انظر الشكل 23) . وعندما تكون $\beta>1$ ، أي أن كثافة طاقة مرسل التشويش أعلى من كثافة طاقة مرسل محطة اللاسلكي ، عندها تحتل منطقة الإعماء كامل المستوي ما عدا دائرة نصف قطرها $R_{N.N}= D_{AB}.\beta(\beta^2-1)$ ، وتسمى منطقة اللاإعماء . ويكون مركز الدائرة هنا مزاحاً بالنسبة لموقع مرسل خط الاتصال اللاسلكي المستهدف إلى الجهة المعاكسة للاتجاه ، الذي يشير إلى مرسل التشويش بمقدار $d_{NN}= R_Hn./\beta$. أما عندما تكون $\beta=1$ ، تمر حدود منطقة الإعماء خلال منصف المسافة بين مرسل التشويش ومحطة اللاسلكي .



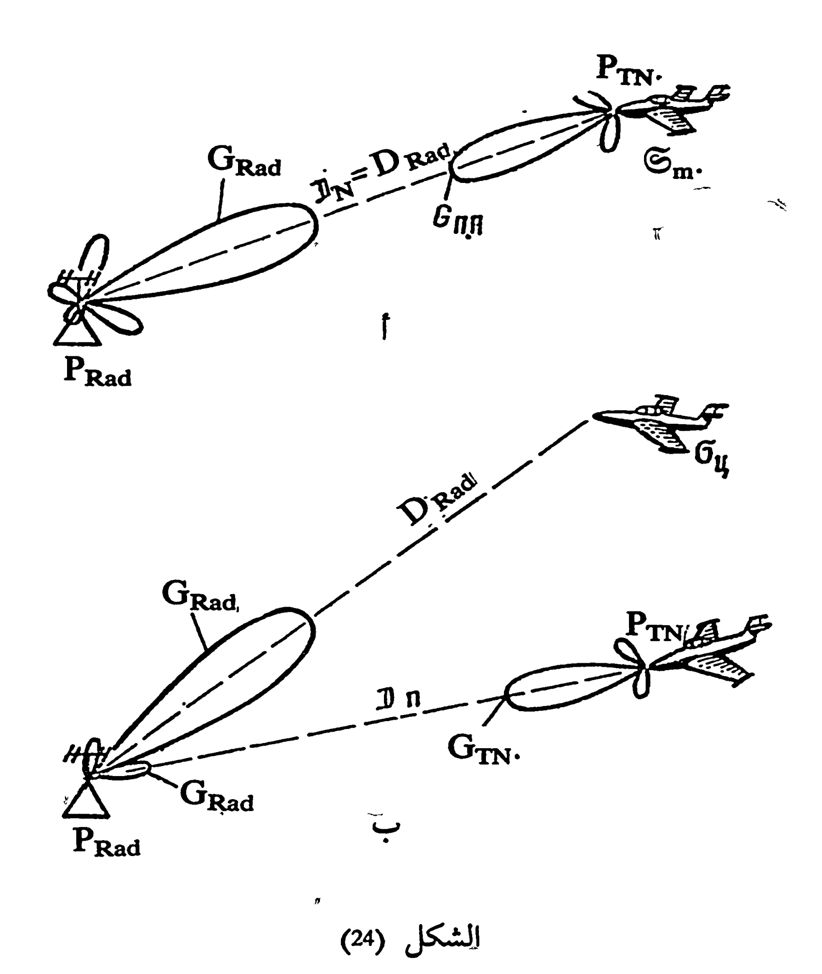
الشكل (23)

مناطق إعماء الاتصالات اللاسلكية (الخطوط المنقطعة عندما تكون قيم β مختلفة .

عند تحديد مناطق إعماء محطات الرادار من قبل التشويش الإيجابي ، يميزون حالتين : الحالة الأولى (الشكل 24 أ) . تعطى فيها العلاقة بين استطاعة التشويش واستطاعة الإشارة عند مدخل تجهيزات استقبال محطة الرادار المستهدفة بالمعادلة التالية :

$$K = \left(\frac{P_N}{P_S} \right)_{in.} = \frac{4\pi . P_{TN} . G_{TN} . D^2_{TNR.} . \Delta f_{RS} . \nu_N}{P_{Radar.} . G_{Radar} . \sigma_m . \Delta f_m} ;$$

حيث هنا σ_m ـ السطح المعاكس الفعال للطائرة ، المغطاة بالتشويش .



الشكل (24)

مخطط تشكيل التشويش على محطات الرادار .

أ ـ مرسل تشويش ، مركب على الهدف ؛ ب ـ مرسل تشويش بعيد عن الهدف .

يوضح الشكل (25) علاقة (P_N/P_S) in. بالمسافة إلى الطائرة المراد تغطيتها . يتضح لنا من المنحني البياني أن التخفيض النسبي لاستطاعة التشويش بالنسبة لاستطاعة الإشارة يصبح هاماً كلما اقترب مرسل التشويش من محطة الرادار المستهدفة . واعتباراً من مسافة أصغرية ما $D_{N.min}$ تصبح النسبة (P_N/P_S) in. أصغر من K_N ، وعندها يفقد التشويش فاعليته ويصبح الهدف مكتشفاً من قبل محطة الرادار تحت خلفية التشويش . وفي المنطقة الواقعة بين $D_{N.min}$ و D_{TN} ، يكون مستقبل محطة الرادار غير معمى بالتشويش ، لأن K يصبح أقل من K_N . وفي المسافة بين D_{TN} ومحطة الرادار لا يمكن تمييز الهدف بسبب زيادة قوة التشويش المؤثر على مستقبل محطة الرادار .

P_N/P_S r_N

P_N

$K=(P_N/P_S)_{in}$

منطقة إعماء محطة الرادار بالتشويش الراديوي

$P_{R'R}$

منطقة إعماء محطة الرادار نتيجة زيادة الحمل على المستقبل

K_N

P_N

Radar

D_{TN}

D_N

$D_{N.min}$

D_{Nmin}

D_N

D_{TN}

الشكل (25)

مناطق تأثير التشويش وعلاقتها بمواصفات محطات الرادار المستهدفة ، محطات التشويش والغرض المراد حمايته .

يفسر هذا التدني في فاعلية التشويش باختلاف طبيعة تغيّر استطاعات التشويش وانعكاس الإشارات عن الهدف ، كلما اقترب مرسل التشويش من محطة الرادار : فكلما قربت المسافة ، ترتفع قيمة P_N عند دخل محطة الرادار بتناسب طردي مع D^2_N (انتشار الأمواج الراديوية باتجاه واحد) ، في الوقت الذي فيه تتغير استطاعة الإشارة P_S بتناسب عكسي مع القيمة D^4_N (انتشار الأمواج الراديوية في الاتجاهين) ، أي أن زيادة استطاعة الإشارة أسرع من استطاعة التشويش . ولهذا ، ابتداءً من المسافة $D_{N.min}$ تصبح استطاعة الإشارة المفيدة أكبر من استطاعة التشويش : والعلاقة (P_N/P_S) in. تصبح أقل من K_N ويبدأ الهدف بالظهور على شاشة محطة الرادار .

تسمى هذه المسافة الفاصلة (الحدودية) بمدى الحماية الذاتية للهدف أو بنصف القطر الخارجي لاكتشاف الأهداف من قبل محطة الرادار تحت تاثير التشويش ، أما $D_{T.N.}$ ـ فهو نصف القطر الداخلي لمنطقة الكشف . تظهر منطقة الإعماء على الشكل (25) ذات خطوط متقطعة . فإذا

وقعت الطائرة على بعد D_N من محطة الرادار ، الذي يزيد عن $D_{N.min}$ ويقل عن $D_{T.N.}$ ، تكون محطة الرادار معماة بالتشويش .

يعطى نصف القطر الخارجي لمنطقة إعماء الكشف الراداري بالمعادلة :

$$D_{N.min} = \sqrt{\frac{K_N.P_{Radar.}.G_{Radar}.\mathfrak{S}_N.\Delta f_N}{4\pi.P_{TN}.G_{TN}.\Delta f_{RS}.\nu_N}} ;$$

أما منطقة اللا اعماء لمحطة الرادار أثناء حماية مصدر التشويش ذاتياً ، فهي حلقة نصف قطرها الخارجي $D_{N.min}$ والداخلي D_{TN} . وخارج مجال هذه الحلقة لا يتم كشف الهدف .
تعطى استطاعة مرسل التشويش ، المتطلبة لإعماء محطة الرادار بالمعادلة :

$$P_{TN.} = \frac{P_{radar.}G_{Radar.}K_N.\Delta f_N.\mathfrak{S}_m}{4\pi.G_{TN}.D_N^2.\nu_N.\Delta f_{RS}} ;$$

وفي الحالة الثانية (الشكل 24 ب) .

$$K = \frac{P_{TN}.G_{TN}.D_{Radar.}^4.4\pi.\Delta f_{RS}.\nu_N}{P_{Radar.}G_{Radar.}.D_N^2.\mathfrak{S}_m.\Delta f_N} ;$$

والمسافة الأعظمية لابتعاد مرسل التشويش عن المحطة المستهدفة $D_{N.max.}$ ، التي تؤمن فيها القيمة المطلوبة لـK_N (ضمن المسافة المحصورة بين محطة الرادار المستهدفة والغرض المحمي) ، تعطى بالمعادلة :

$$D_{N.max.} = D_{Radar}^2 \sqrt{\frac{P_{TN}.G_{TN}.4\pi.\Delta f_{RS}.\nu_N}{P_{Radar}.G_{Radar}.K_N.\mathfrak{S}_m.\Delta f_N}} ;$$

والمدى الأصغري لتأثير محطة الرادار ، التي لا تتمكن من اكتشاف الهدف أثناء تأثير التشويش (الهدف لا يزال مغطى بالتشويش) يعطى بالمعادلة :

$$D_{Radar\ min} = \sqrt[4]{\frac{P_{Radar.}.G_{Radar}.\mathfrak{S}_N.K_N.\Delta f_N.D_N^2}{P_{TN}.G_{TN}.4\pi.\Delta f_{RS}.\nu_N}}\ ;$$

إن هذه المعادلة محققة بشرط توفر إمكانية إهمال استطاعة الضجيج الذاتي لتجهيزات استقبال محطة الرادار .

تتعلق حدود منطقة إعماء محطة الرادار بشكل المخطط الاحداثي الاشعاعي لهوائيها باتجاه مصدر التشويش . فإذا أثر التشويش عبر الوريقة الرئيسة لهذا المخطط ، تصبح منطقة الإعماء المقاسة اعتباراً من الطائرة حتى حامل التشويش ، أكبر من تلك التي تتشكل أثناء تأثير التشويش عبر الوريقات الجانبية . فالطائرة المغطاة بالتشويش الإيجابي ، تتمكن الاقتراب أكثر من محطة الرادار دون أن تكتشف ، عندما يكون تاثير التشويش عبر الوريقة الرئيسة أقرب من الحالة التي لو كانت طارت فيها باتجاه تاثير التشويش عبر الوريقات الجانبية .

الباب الثالث

التشويش الالكتروني السلبي.

—

يتشكل التشويش السلبي نتيجة تاثير طاقة الأمواج الكهرطيسية (الهيدروصوتية) المنعكسة عن العواكس (الأغراض) الطبيعية والصناعية أو الوسائط العاكسة ، على الوسائط الألكترونية الراديوية .

إن عاكس الأمواج الكهرطيسية ، يمكن أن يكون أي جسم يمتلك مواصفات كهربائية ، مختلفة عن الوسط المحيط . إن الأمواج الكهرطيسية بارتطامها بالعاكس تولد فيه تيارات كهربائية (في النواقل) أو شحنات كهربائية (في أنصاف النواقل) . ويصبح الهدف الخاضع للإشعاع مصدراً لإعادة بث الأمواج ، التي تشكل تشويشاً سلبياً . تتعلق كثافة الإشعاع بأبعاد وبشكل الهدف وتوضعه في الفضاء وبالمواصفات الكهربائية للمواد المصنوع منها .

يؤثر التشويش السلبي فقط ، على تلك الوسائط الألكترونية الراديوية ، التي تعمل على مبدأ استقبال الأمواج الكهرطيسية (الهيدروصوتية) ، على سبيل المثال : الوسائط الرادارية (الهيدروصوتية) . وترتبط إمكانية تشكيل هذا التشويش بحقيقة مفادها أن العلامات التي تظهر على شاشة صمام الأشعة المهبطية ، الناتجة عن انعكاس الأهداف الاصطناعية أو الأوساط العاكسة ، لا تختلف عملياً عن العلامات المتشكلة نتيجة الانعكاس عن الأهداف الحقيقية . فالطاقة المنعكسة عن مجموعة من العواكس المتقاربة ، يمكنها أن تسبب إنارة جزئية أو كلية للشاشة ، تقليداً أو تمويهاً لعلامات الأهداف .

تعقد العلامات الكاذبة جداً من مراقبة وتمييز الأهداف الحقيقية .

وحسب مصدر تشكيل هذا التشويش، يصنفونه إلى تشويش طبيعي سلبي وتشويش اصطناعي سلبي . ينتج التشويش الطبيعي من انعكاس الأمواج الكهرطيسية (الهيدروصوتية) عن سطح الأرض والماء وعن الأغراض المحلية المختلفة والغيوم وقطرات المطر وجزئيات الثلوج وعن عدم تماثل شرائح طبقتي الأوتموسفير والايونوسفير . أما التشويش الاصطناعي السلبي فيتكون نتيجة انعكاس الأمواج الكهرطيسية (الهيدروصوتية) عن العواكس الديبولية والزاوية والعدسية ، وعن الهوائيات الشبكية العاكسة والأوساط المتأينة ومشكلات الايروزول .

أولاً ـ المواصفات العاكسة للمعدات العسكرية والأهداف .

تتعلق إمكانية إخفاء المعدات العسكرية بواسطة التشويش السلبي أو عن طريق الإقلال من ملحوظيتها أثناء المراقبة ، عن طريق الوسائط الألكترونية الراديوية بمقدرة لهذه المعدات

والأهداف والوسط المحيط على بعثرة وامتصاص الأمواج الكهرطيسية (الهيدروصوتية) الواردة عليها، تتبعثر (تنعكس) طاقة الأمواج الكهرطيسية عن مختلف الأغراض في جميع الاتجاهات بما فيها الاتجاه الذي وردت منه .

تشكل الأمواج الكهرطيسية (الهيدروصوتية) المنعكسة أثناء استقبالها على شاشة صمام الأشعة المهبطية علامات مختلفة المطال والإنارة ، التي بواسطتها يمكننا التمييز بين المعدات العسكرية المختلفة ، السلاح والمواقع . تتعلق مقدرة الوسائط الألكترونية الراديوية لتمييز الأهداف بكثافة طاقة الإشارات المنعكسة عنها وبغيرها من مواصفاتها (الطيف ، الاستقطاب وغيرها) .

في العمل العسكري ، أثناء سطع الأهداف وتوجيه الأسلحة إليها بواسطة الوسائط البصرية والرادارية والوسائط الأخرى ، يستخدمون ظاهرة التمايز البصري (الضوئي) والحراري والراديوي والمغناطيسي ، المتشكلة نتيجة عدم تجانس الانعكاس عن سطوح الأرض والماء وطبقة الأوتموسفير والأهداف للأمواج الضوئية والراديوية ، وأيضاً الاختلاف في طبائع النفوذية المغناطيسية للأهداف والحقول المغناطيسية الطبيعية .

تُقيِّم مواصفات انعكاس (انتثار) مختلف الأهداف والأرض (سطح الماء) بما يسمى بالسطح العاكس الفعال ، الذي يشير إلى طاقة الأمواج الكهرطيسية المنعكسة عن الأهداف باتجاه مصدرها . وإذا طبقنا هذا في علم الرادار ، يكون السطح العاكس الفعال للهدف هو مساحة المقطع العرضي المكافىء له ، التي كأنها تقع في نقطة انتشار الهدف ، والتي تعكس (تبعثر) طاقة الأمواج الراديوية الواردة عليها ، مشكلة في مستقبل محطة الرادار كثافة لتيار الاستطاعة كما لو أنها انعكست عن الهدف ذاته . يستخدم مفهوم السطح العاكس الفعال بشكل واسع في المراقبة الرادارية وفي الحرب الألكترونية وفي البصريات وفي الفيزياء الذرية . وتتعلق قيمته بالمواصفات الانعكاسية للهدف (أبعاده ، شكله ، المادة المصنوع منها) وبطبيعة توضعه وبطول واستقطاب الأمواج المرسلة من محطة الرادار .

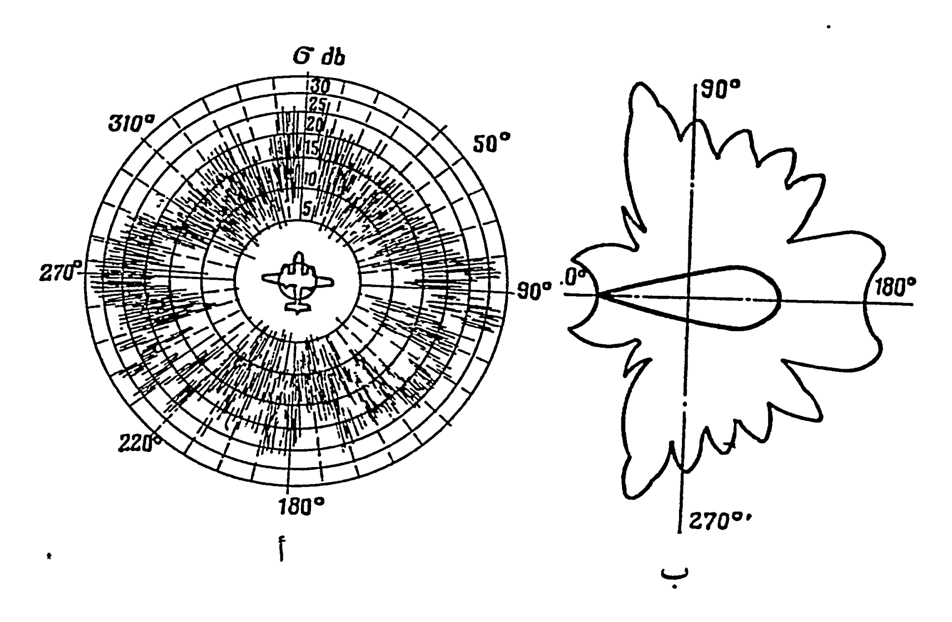
ورياضياً ، يعبر عن السطح العاكس للهدف (σ_0) بنسبة كثافة استطاعة ($\Pi_{Ref.}$) الإشارة المنعكسة المتولدة عنه في موقع توضع هوائي محطة الرادار إلى كثافة تيار استطاعة الموجة الكهرطيسية الواردة إليه ($\Pi_{Res.}$) . وعند الانتشار النفوذي لطاقة الأمواج الراديوية في الهدف ، عندما يكون اعوجاج شكله يساوي قياسياً طول الأمواج الواردة λ_0 أو أكبر منه بقليل . يعطي السطح العاكس الفعال بالمعادلة :

$$\mathfrak{S}_{\Delta} = 4\pi . R^2 . \Pi_{ReF.} / \Pi_{ReS.};$$

حيث هنا : R ـ المسافة بين الجسم العاكس وهوائي محطة الرادار .

يمتلك السطح الشديد الاستواء ، ذي السطح الناقل المثالي مخطط إشعاع ضيق للأمواج المنعكسة . ويتركز الجزء الأعظمي من طاقة الموجة المنعكسة في الوريقة الرئيسة لمخطط الإشعاع الإحداثي للهوائي ، التي ينقص عرضها كلما كبرت أبعاد السطح العاكس وقصر طول الموجة الواردة . فإذا تم تسليط إشعاع مباشر ، فإن الجزء الأساسي من طاقة الموجة المنعكسة تعود إلى مصدر الإشعاع . وعندما تكون زوايا الورود اقل من 90° ، يعود إلى محطة الرادار جزء من الطاقة المنعكسة عبر الوريقات الجانبية لمخطط إشعاع الهوائي .

يمكن النظر إلى الأهداف المعقدة الشكل (الطائرات ، السفن ، الدبابات) كمجموع أعداد كبيرة من العناصر ، التي تعكس الأمواج الكهرطيسية الواردة في اتجاهات مختلفة . وتحدد محصلة مطال الإشارة المنعكسة بالأطوار النسبية وبمطالات إشعاع العواكس المنفردة وتخضع للتقلب . وطبيعة تقلب الإشارة الحاصلة تتعلق إلى حد بعيد بسرعة واتجاه حركة الهدف وحتى لبعض أجزائه بالنسبة لمحطة الرادار . كما تخضع أطوار الإشارات ، المنعكسة عن الأهداف المعقدة الشكل للتبدلات . ويمجرى انعكاس الأمواج الكهرطيسية عن مختلف الأهداف ، عادة ما يتم إزالة استقطاب الإشارات . وتتعلق درجة هذه الإزالة بشكل استقطاب الموجة الواردة وبخواص الهدف الخاضع للإشعاع . فعناصر الهدف المعقد الشكل المختلفة لا تؤثر على استقطاب الإشارة الواردة بنفس الشكل .



الشكل (26) ـ انعكاس الأمواج الراديوية .

أ ـ عن الطائرة ؛ ب ـ عن رأس الصاروخ (طول الأمواج 10سم) .

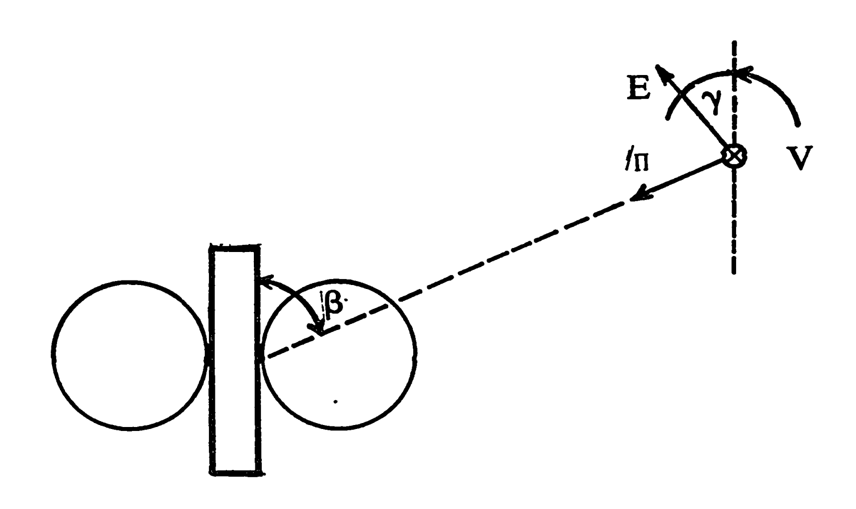
تحدد مخططات الانعكاس الاحداثي (البياني) للأهداف الحقيقية ، التي تشير إلى علاقة كثافة الانعكاس بزاوية ورود الأمواج ، بأشكال هذه الأهداف وتموضعها بالنسبة للمحطة . وعادة ما تكون هذه المخططات متعددة الوريقات (انظر الشكل 26) .

عملياً ، يستخدمون القيمة المتوسطة للسطح العاكس الفعال (6mid) . نورد هنا القيم الوسطى للسطوح العاكسة الفعالة لمختلف الأهداف (م^2) عندما يكون طول الموجة 3سم :

عربة أو دبابة	7–30
قذيفة مدفعية عيار 75 سم	0,01
حوامة	0,5–1,0
رأس صاروخ بالستيكي نموذج (مينتمان ـ 2)	0,003
طائرة مقاتلة مطاردة تكتيكية	
فانتوم (F–4)	5–7
ايغل (F–15)	3
فالكون (F–16)	1,3
زورق	50–100
طراد	10000–14000
صاروخ مجنح	0,3–0,8
عوامة بحرية	1,0
غواصة طافية	100–140
عواكس دي ولية (مجموعة)	10–20
صواريخ ضد السفن نموذج (توماغافك) بخطوط سير تقارب الـ 45°	0,015
قاذفة استراتيجية	
نموذج B–52	100
B –1 B	0 1
B–1	1 0
سفينة حمولة من 2000 حتى 3000 طن	2000–5000
سفن كبيرة (ناقلات نفط كبيرة)	10000–100000
سفينة كسح	700–750
إنسان	0,08

ثانياً ـ العواكس الديبولية الراديوية .

إن العواكس الديبولية الراديوية عبارة عن هزازات سلبية ، مصنعة من ورق ممعدن (انظر الشكل 27) أو من كريات زجاجية ممعدنة أو وريقات من الألمنيوم المفضض أو كريات من النايلون مطلية بالفضة وغير ذلك . تختار أطوالها وسماكاتها بذلك الشكل ، الذي يؤمن فيه أكبر انعكاس ممكن للأمواج الكهرطيسية عنها بأقل حجم ممكن . تتميز العواكس الديبولية الراديوية ذات الطول القريب من نصف أطوال أمواج المحطات المستهدفة ، والتي يلاحظ فيها انعكاس طنيني بمساحة سطح عاكس فعال أعظمية (انظر الشكل 28) . وللحصول على تيار طنيني في الديبول ، يقصرون من طوله ليصبح أقصر قليلاً من نصف طول الموجة الراديوية . ويتعلق مقدار التقصير

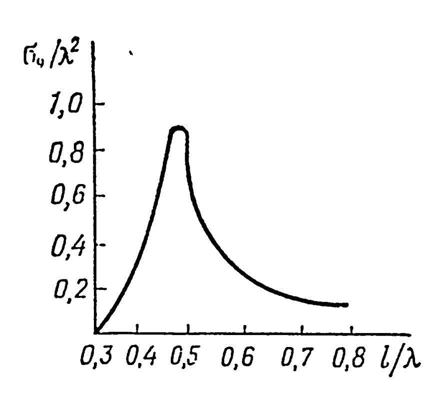


الشكل (27)

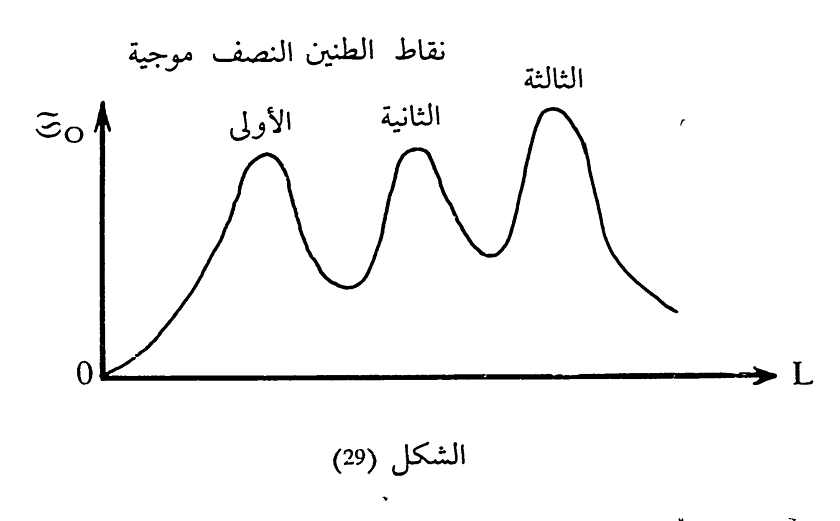
عاكس ديبولي راديوي نصف موجي .

Π ـ اتجاه تيارات استطاعة الأمواج الراديوية الواردة ؛ E ـ توتر الحقل الكهربائي ؛ V ـ توتر الحقل المغناطيسي ؛ γ ـ زاوية استقطاب الموجة الراديوية ؛ β ـ زاوية سقوط الموجة الراديوية .

بأبعاد مقاطع العاكس الديبولي الراديوي . وبما أنه لإنقاص وزن وحجم الحزمة ، يجب الحد ما امكن من سماكة العاكس الراديوي الديبولي ، فيصبح إنقاص الطول محدوداً . أما أبعاد مقاطع العاكس الديبولي الراديوي ، المختارة انطلاقاً من شرط تأمين مساحة سطح عاكس فعال أعظمية فلا تتجاوز عدة أعشار وأحياناً أجزاء مئوية من الميليمتر . وعملياً تساوي أطوال العواكس الديبولية الراديوية $L_{R.D.R}$=Rad λ 0,47 . وعند زيادة طول العاكس الديبولي الراديوي ، تتغير مساحة سطحه العاكس الفعال تغييراً مضطرباً (موجياً) وتكون أعظمية في المسافات التي تساوي λ/2 تقريباً وتتزايد حتى نقطة الطنين الأخرى (انظر الشكل 29) . لكن السطح العاكس الفعال يتزايد بدرجة أقل من زيادة طول الشريط ، الذي يتشكل منه العاكس الديبولي . تسمح العواكس الديبولية الراديوية الطويلة زيادة عرض المجال الإمراري للتشويش الراديوي السلبي .



الشكل (28) ـ علاقة السطح العاكس الفعال بأطوال العواكس الديبولية الراديوية والأمواج الراديوية .



الشكل (29)

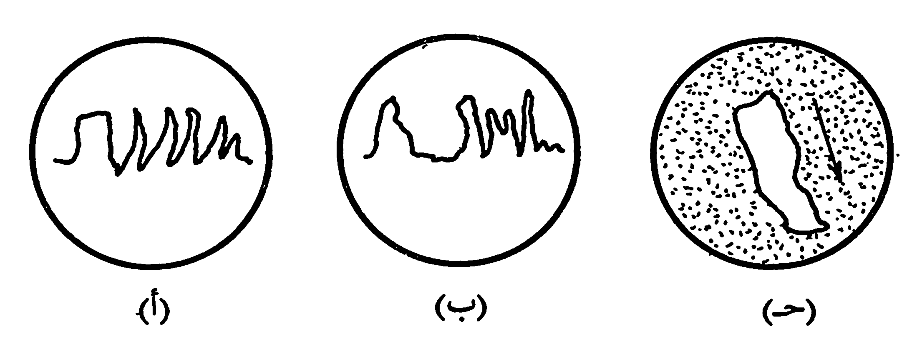
علاقة القيمة الوسطية للسطح العاكس الفعال للعاكس الراديوي بزيادة طوله .

تنتج الولايات المتحدة الأمريكية أشرطة طويلة ، مصنعة من شرائح معدنية أو ممعدنة . تستخدم العواكس الديبولية الطويلة بشكل رئيس لتشكيل تشويش ضد محطات الرادار ، العاملة ضمن جزء الأمواج الطويلة من المجال الديسمتري وعلى المجال المتري للأمواج الراديوية . تزيد فاعلية التشويش السلبي عند استخدام عواكس ديبولية راديوية على شكل نوابض ، التي تشكل انعكاساتها غيمة على شكل عنكبوت ذي أشرطة عديدة .

واثناء عملية تشكيل تشويش سلبي ضد محطات الرادار بواسطة الطائرات ، الحوامات ، السفن أو الصواريخ ، يتم إسقاط كمية كبيرة من العواكس الديبولية الراديوية في طبقة الأوتموسفير ، التي تتطاير وتنتشر بفعل تيارات الهواء التوربينية الشريطية ، مشكلة من جراء ذلك ما يسمى بالغيمة الديبولية . وبعد زمن ما من لحظة الإسقاط ، وعندما يخف تاثير تيارات نفث الطائرة ، تتابع العواكس الديبولية الراديوية الانتشار بتأثير الحركة الإعصارية الصادرة عن مقاطع معينة من طبقة الأوتموسفير ، ونتيجة لذلك تزيد أبعاد الغيمة . أما المركز الهندسي للغيمة فينزاح تحت تأثير الرياح عن نقطة الإسقاط باتجاه الأسفل . تتعلق سرعة هذه الحركة بوزن وأبعاد وشكل العواكس الديبولية الراديوية وبكثافة وحالة طبقة الأوتموسفير . وتتراوح السرعة الوسطى لانخفاض العواكس الرقيقة ، عندما تكون طبقة الأوتموسفير هادئة ، بين (60 إلى 180) م/ دقيقة على الارتفاعات العالية ، ومن (25 حتى 70) م / دقيقة على الارتفاعات المنخفضة . أما في المستوى الأفقي ، فتتحرك العواكس الديبولية الراديوية بسرعة الريح .

تنتشر العواكس الديبولية الراديوية المسقطة من الطائرة ، في الحالات الغالبة ، في المستوى العمودي بسرعة أكبر من سرعة انتشارها في المستوى الأفقي ، ولهذا تُمط الغيمة أفقياً وباتجاه حركة الريح . وأحياناً ، تستطيع الحركة إلى الأعلى ، إذا اثرت عليها تيارات هواء ناهضة ، أن تصبح كأنها عديمة الوزن وتشكل تشويشاً سلبياً يستمر ساعات عدة .

يسمح التشويش السلبي ، الذي تشكله غيوم العواكس الديبولية إخفاء أية معدات عسكرية عن الكشف الراداري . وعند إسقاط كمية كبيرة من العواكس الديبولية ، يتشكل على شاشة جهاز عرض محطة الرادار قطاع مضيء ، ممطوط باتجاه حركة الريح ، يموه العلامات الحقيقية للأهداف (انظر الشكل 30) . إلى جانب ذلك ، يمكننا تشكيل أهداف كاذبة في ظروف معينة بواسطة العواكس الديبولية الراديوية ، الأمر الذي يجعل عمال محطات الرادار يصرفون وقتاً إضافياً على تحليل العلامات الظاهرة على شاشاتها لتمييز الأهداف الحقيقية عن الكاذبة الكثيرة العدد .



الانعكاسات عن الديبولات .

الشكل (30)

شكل التشويش السلبي على شاشة محطات الرادار .

أ ـ الإشارات والتشويش الراديوي في لحظة إسقاط العواكس الديبولية الراديوية (لا نلاحظ علامات الطائرات بسبب التشويش) ، ب ـ بعد بعض الوقت من الإسقاط (نلاحظ علامات الطائرات) ؛ حـ ـ قطاع التشويش الراديوي السلبي .

تكون حركة العواكس الديبولية الراديوية في الفضاء عشوائية ، نظراً للتأثير الايرودنياميكي المختلف عليها والتاثير التوربيني الشريطي لطبقة الأوتموسفير أيضاً . فبعضها سيهبط في الاتجاه العمودي ، وآخر سيطير في الاتجاه الأفقي وثالثة في اتجاهات بين هذا وذاك . ولهذا سيتغير مطال الإشارة المنعكسة عن عواكس معينة وعن الغيوم التي تشكلها بعضها ، حسب قانون صدفي . والإشارة المنعكسة الناتجة عن مجموعة العواكس سوف تمتلك طيفاً ترددياً أعرض ، بالمقارنة مع طيف الإشارة ، المنعكسة عن عواكس ديبولية منفردة . ويؤدي زيادة عرض طيف الإشارة إلى ظهور مركبات دوبلرية ، تتعلق بسرعة الريح ، وحركة طبقة الأوتموسفير التوربينية الشريطية واختلاف سرعات حركتها وبتردد دوران العواكس الديبولية الراديوية . وبما أن المواصفات الميترولوجية لطبقة الأوتموسفير تتغير حسب الارتفاع ، فإن عرض طيف الإشارات ، المنعكسة عن غيمة العواكس الديبولية الراديوية لا يبقى ثابتاً . ونظراً لهذه الأسباب أيضاً ، يختلف طيف الإشارة ، المنعكسة عن غيمة العواكس الديبولية الراديوية عن طيف الإشارات الواردة إليها بقمية تساوي الانزياح الدوبلري الترددي ، الناتج عن حركة الغيمة بالنسبة لمحطة الرادار بسرعات مختلفة .

تعكس غيمة العواكس الديبولية الراديوية طاقة الإشارات الواردة باتجاه محطة الرادار المستهدفة ، بعد أن تحملها تعديلاً عشوائياً . ويزيد عرض طيف الإشارات المنعكسة مع زيادة

سرعة حركة الريح ومستوى حركة الهواء التوربينية الشريطية المؤثرة في طبقة الأوتموسفير. وعرضه في المجال الديسمتري للأمواج الراديوية لا يزيد عن عدة هيرتزات، ويزيد عادة بتناسب عكسي مع طول موجة محطة الرادار λRad.

تساوي مساحة السطح العاكس الفعال لغيمة ديبولية مؤلفة من $n_{R.D.R}$ عاكس ديبولي، التي لا يتجاوز أبعادها الحجم الراداري لمحطة الرادار، حاصل ضرب مساحة السطح العاكس الفعال لأحد هذه العواكس بعددها:

$$\mathfrak{S}_{O} = n_{R.D.R}.\mathfrak{S}_{R.D.R};$$

أما مقدار مساحة السطح العاكس الفعال لعاكس ديبولي راديوي نصف موجي، عندما يكون استقطاب الحقل خطياً وعندما يتطابق محوره مع شعاع توتر الحقل الكهربائي E، فسيصبح أعظمياً ويعطى بالمعادلة:

$$\mathfrak{S}_{max.} = 0,86.\lambda^2_{Radar};$$

إذا كان توجه العاكس الديبولي الراديوي عمودياً على الشعاع E، عندها تكون مساحة سطحه العاكس الفعال مساوية للصفر $\sigma_{R.D.R}$. أما في الواقع، تتوجه العواكس الديبولية الراديوية عشوائياً نتيجة تأثير التيارات الهوائية التوربينية لطبقة الأوتموسفير وغيرها من الخواص الايروديناميكية المختلفة. لهذا، عند حساب مساحة سطحها العاكس الفعال نأخذ القيمة الوسطى اي:

$$\mathfrak{S}_{R.D.R} = \frac{1}{5}.\mathfrak{S}_{max}.0,17\lambda^2_{Radar};$$

ومن هذه المعادلة نرى، أنه كلما انخفض طول الموجة، تنخفض مساحة السطح العاكس الفعال للعاكس النصف موجي كثيراً، الأمر الذي يجبرنا على زيادة عددها في الغيمة. وعادة يتم تجميع هذه العواكس على شكل حزم أو توضع في كاسيتات.

إن محطات الرادار ذات التردد العامل الثابت (أو الذي يتغير ضمن مجال ±10%) هي الأكثر تأثراً بتشويش العواكس الديبولية الراديوية. وتتم عملية الإعماء المتوازي للوسائط الألكترونية الراديوية، العاملة على ترددات مختلفة، باستخدام عواكس ذات أطوال مختلفة. تمتلك العواكس الديبولية الراديوية المصنعة في الغرب الأبعاد التالية: 0,08×1,87، 0,025×1,57.

0,025×0,96 ؛ 0,012×2,24 أو 0,012×2,8 سم ، أما أشكال مقاطعها فهي إما قائمة الزاوية أو أقل من القائمة (V) وذلك لتأمين المتانة اللازمة . لا تتجاوز سماكة الديبول المصنوع من الألمنيوم 0,01 مم ، أما عرضه وطوله فيتعلقان بقيمة التردد الذي سيشوش عليه . فللترددات التي تزيد عن 3 قيغاهيرتز فيكون حوالي 1 مم وللترددات الأكثر انخفاضاً فيصل هذا العرض إلى 5 مم . تتميز الأشرطة الديبولية الطويلة بسماكة قدرها 0,01 مم وبعرض 6 مم ، أما أطوالها فتتراوح بين عدة أمتار و250م . ولتفادي إعماء العواكس (عدم فاعليتها) نتيجة لتشكل شحنات الكهرباء الساكنة بسبب احتكاك السطوح اثناء إسقاط حواضن الديبولات ، يطلون العواكس الديبولية الراديوية بطبقة من الشمع . واحياناً يصنعون العواكس الديبولية من مواد ذات قطبية متنافرة ، الأمر الذي يحول دون تشكل شحنات كهربائية ساكنة .

يمكننا حساب كمية العواكس الديبولية الراديوية ، الموجودة في الحزمة ، التي تستطيع تقليد هدف بمساحة سطح عاكس فعال قدرها σm بالمعادلة التالية :

$$n_{R.D.R} = \frac{\sigma_M}{\sigma_{R.D.R.mid.}} = \frac{\sigma_M}{0,17\ \lambda^2_{Radar}};$$

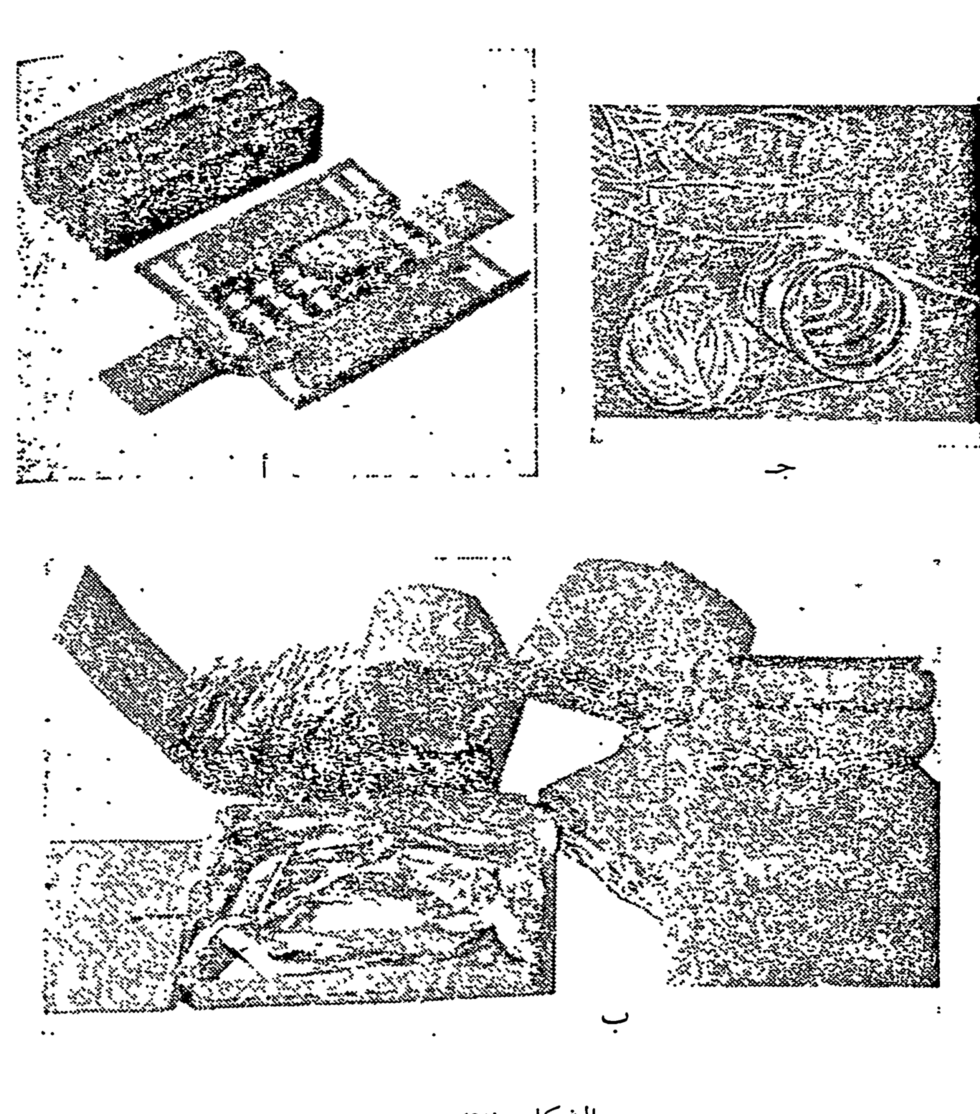
وكما هو واضح من المعادلة ، لكي نقلد أهدافاً من نوع طائرة (صاروخ) ، حسب سطوحها العاكسة الفعالة ، على شاشة محطة الرادار ، العاملة على مجال الأمواج الراديوية ، يكفي أن تحتوي الحزمة على عشرة عواكس ديبولية راديوية . أما إذا كانت المحطة تعمل على مجال الأمواج السنتيمترية فترتفع كمية العواكس الديبولية اللازمة إلى العشرات أو المئات أو حتى الآلاف . فعلى سبيل المثال ، لتقليد هدف سطحه العاكس الفعال $\sigma_M=10^2$م² على طول موجه 10 سم ، من الضروري إسقاط ستة آلاف عــاكس ديـبــولي راديــوي $(n_{R.D.R} = 10^5 /0,17.10^2)$; . أمــا

لتقليد نفس الهدف على محطة الرادار ، العاملة على أمواج طولها 0,5 م ، فنحتاج إلى كمية من الديبولات ، لا تزيد عن 235 .

يحتوي أحد نماذج الكاسيتات الأمريكية (الشكل 31 أ) على عدة آلاف من الأشرطة المصنوعة من الألمنيوم المفضض بأطوال 45 ؛ 60 ، 230–290 مم . والكاسيت ذي الوزن 250 غراماً تقريباً ، يستطيع تشكيل تشويش ضد محطات الرادار ، العاملة على أمواج أطوالها 9 ، 22 و46–58 سم . وكل نوع من أنواع الأشرطة (الشكل 31 ب) ، الموضوعة في الكاسيت ، تشكل هدفاً كاذباً مساحة سطحه العاكس الفعال من (50–100) م² ، الأمر الذي يكفي لتقليد علامة قاذفة استراتيجية على شاشة محطة الرادار . كما تستخدم أيضاً ، أكياساً من أشرطة رقيقة طويلة على شكل نابض . نستطيع لف الخيوط النابضية المصنوعة من ألياف زجاجية ممعدنة على كرة صغيرة (الشكل 31 حـ) . وبعد

الإسقاط تبقى هذه الخيوط فترة طويلة معلقة في الفضاء ، أما الكرة فتسقط إلى الأرض .

وتحت تأثير التيار الهوائي وارتطامات بعضها بالآخر ، تتكسر العواكس الديبولية الراديوية المسقطة من قبل الطائرة (الصاروخ أو القذيفة) وتنتشر وتتوجه في الفضاء بشكل عشوائي . ونتيجة لذلك ، ينخفض مقدار سطحها العاكس الفعال بتناسب طردي مع عامل ما يسمى بالتشتت (η ، الذي يحدد أثر الاعماء والتحطيم الذي يصيب العواكس ($\eta<1$) .



الشكل (31)

العواكس الراذيوية :

أ ـ الشكل العام للكاسيت نموذج RR–94/AL/SM ؛ ب ـ عواكس ديبولية مختلفة الأنواع ؛ حـ ـ عواكس طويلة ملفوفة على نوابض .

ولهذا يضعون في كل كاسيت عدداً من العواكس الديبولية يزيد بمرتين إلى ثلاث مرات عن الكمية اللازمة ، للحصول على المساحة المطلوبة للسطح العاكس الفعال . وبعد حساب عامل العواكس الديبولية الراديوية العاملة ($K_{R.R.D.R}$) تأخذ معادلة حساب عدد العواكس في الحزمة لتمويه هدف واحد الشكل الآتي :

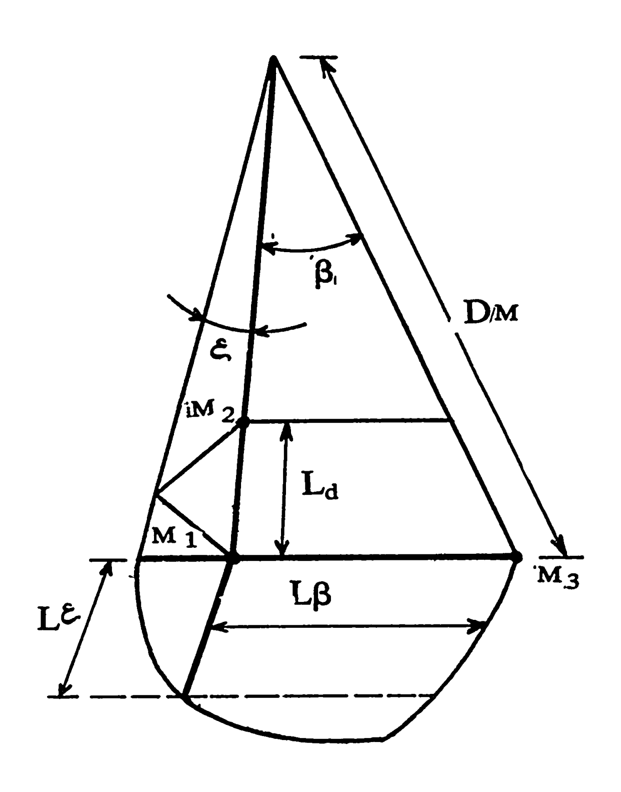
$$n_{R.D.R.} = \mathfrak{S}_M/\mathfrak{S}_{R.D.R.} \cdot K_{R.R.D.R};$$

يضعون في الكاسيت ، لتشكيل تشويش سلبي على عدة ترددات ، عواكس ديبولية راديوية ذات أطوال مختلفة . ولهذا الهدف ، يمكن استخدام عدة نماذج من الكاسيتات ، كل نموذج مخصص لتشكيل تشويش على تردد واحد . ويسمى الكاسيت ذا العواكس المتماثلة الأطوال أحياناً ، بالكاسيت التسديدي بالتردد .

ونتوصل لتمويه الأهداف المتحركة بإسقاطنا عواكس ديبولية راديوية أثناء حركة الأهداف بفواصل زمنية لا تزيد عن القدرة الإمرارية لمحطة الرادار المستهدفة . عادة ، يميزون بين ثلاث قدرات سماحية لمحطة الرادار ، بالمسافة ، بالاتجاه وبالسرعة . يُعبر عن القدرة السماحية بالمسافة ، بالبعد بين هدفين (M_1 وM_2) ، مأخوذة على الاتجاه إلى محطة الرادار ، اللذان يلاحظان على شاشة محطة الرادار كهدفين مستقلين (الشكل 32) . ومقدار القدرة السماحية بالمسافة ، يتعلق بعرض الإشارة الرادارية τ ، أما بالاتجاه فبعرض المخطط الإشعاعي الإحداثي للهوائي وبنوع جهاز عرض وبمقياس خط اللمعان بالمسافة وبالاتجاه . ويمكن التعبير عن القدرة السماحية بالمسافة بالمعادلة التالية :

$$\triangle D = \frac{1}{2} (C.\tau + \triangle D_B);$$

حيث هنا : $\triangle D_B$. ـ تردؤ قدرة جهاز عرض محطة الرادار الإمرارية .



الشكل (32)
لتوضيح القدرة السماحية لمحطة الرادار ،

يعبر عن القدرة الإمرارية بالاتجاه بالزاوية الأصغرية ، التي خلالها يمكن التمييز بين هدفين يبعدان بعداً واحداً عن محطة الرادار . وتحدد قيمة هذه القدرة بمقدار انفراج مخطط الهوائي الإشعاعي الإحداثي بالاتجاه $\beta_{0,5}$ وبزاوية المكان $\varepsilon_{0,5}$ على مستوى نصف الاستطاعة وعن رداءة القدرة الإمرارية بتأثير جهاز العرض بالاتجاه $\Delta\beta_i$ وبزاوية المكان $\Delta\varepsilon_i$:

$$\Delta\beta = \beta_{0,5} + \Delta\beta_i; \quad \Delta\varepsilon = \varepsilon_{0,5} + \Delta\varepsilon_i;$$

تُحدِّد قيمة المقدرة الإمرارية الحجم النبضي لمحطة الرادار ، ضمن المجال ، الذي تظهر فيه جميع الأهداف على شاشة جهاز العرض كهدف واحد . وتحدد القيمة الخطية للحجم النبضي V_{iv} بعرض الإشارة وعرض المخطط الإشعاعي الاحداثي لهوائي محطة الرادار $\beta 0{,}5 . \epsilon 0{,}5$ (بالراديان) وببعده (D) عن المحطة المستهدفة :

$$V_{i.V} = D^2 . \beta_{0,5} . \epsilon_{0,5} \frac{C.\tau}{2} ;$$

أما الأبعاد الخطية لكل جهة من هذا الحجم $V_{i.v}$ ، بالمسافة L_d ، بالاتجاه $L\beta$ وبزاوية المكان $L\epsilon$ فتعطى بالمعادلات :

$$L_d = \frac{C.\tau}{2} ; \; L\beta = \frac{D.Q^o_B}{57,3} ; \; L\epsilon = \frac{D.Q^o_\epsilon}{57,3} ;$$

ويشكل تشويش فعال على محطات الرادار في تلك الحالة ، عندما تسقط في كل حجم نبضي كمية من العواكس الديبولية الراديوية ، التي يكون مستوى طاقة الأمواج الراديوية المنعكسة عنها أكبر من كثافة الانعكاس عن الهدف المراد تمويهه . وتحدد فاعلية تمويه الهدف بمحصلة مساحات السطوح العاكسة الفعالة للعواكس ، الواقعة في الحجم النبضي .

ويمكن تحديد الكمية الوسطى للعواكس الراديوية الديبولية في الحجم النبضي الواقع في طريق طيران الطائرة (مصدر التشويش) بحاصل ضرب عدد الكاسيتات $N_{n.R.D.R.}$ المسقطة من الطائرة بعدد الديبولات المؤثرة عملياً في الكاسيت الواحد $\Delta\beta 0{,}5$ $N_{R.D.R} = K_{TN} . \sigma_M \; n_\ni$

$$N_{R.D.R.} = N_{n.R.D.R.} \; n_\ni \approx \frac{C.\tau}{2} . \frac{t_{n.R.} . n_\ni}{V_{T.N}} ;$$

حيث هنا : $V_{T.N.}$ ـ سرعة الطائرة ـ مصدر التشويش .

c ـ سرعة انتشار الأمواج الكهرطيسيه $= 3.10^8$ م/ثا .

$t_{n.R}$ ـ توتر إسقاط كاسيتات العواكس الديبولية الراديوية لتمويه الأهداف .

(لتمويه طائرة واحدة $t_{n.R.} = \frac{d_n}{V_{T.N}} = \frac{C.\tau}{2 V_{T.N}}$; حيث هنا : d_n– المسافة المطلوبة

بين الكاسيتات بالمتر؛ τ ـ عرض نبضة محطة الرادار بالميكروثانية) .

وعند طيران الطائرة (حاملة التشويش) باتجاه يتعامد مع نصف قطر الحزمة ، من الضروري الإسقاط على مسافة لا تزيد عن القدرة الإمرارية لمحطة الرادار في المستوى الأفقي . وفي هذه الحالة نحصل على :

$$\beta_{0,5} = \frac{R_{C.}\Delta\beta_{0,5}}{57,3.V_{T.N.}} ;$$

حيث هنا :

R_c ـ المسافة بين محطة الرادار والطائرة (حاملة التشويش) بالمتر .

$\Delta.13\ 0,5$ ـ عرض شعاع المخطط الإحداثي الإشعاعي لهوائي محطة الرادار بالمستوى الأفقي بالدرجات .

$t_{n.R.}$ ـ توتر إسقاط الكاسيتات في المستوى الأفقي لمسار الطائرة .

لا يمكن كشف الهدف من بين ظلال التشويش ، إذا كانت استطاعة الاهتزازات الكهرطيسية المنعكسة عن العواكس في الحجم النبضي أكبر بـ K مرة من استطاعة الإشارة المفيدة ، المنعكسة عن الهدف .

$$K = \mathfrak{S}_{S.R}/\mathfrak{S}_{M};$$

تسمى النسبة الأصغرية لاستطاعتي التشويش والإشارة عند مدخل تجهيزات استقبال محطة الرادار (ضمن الجزء الخطي للمجال الإمراري) ، التي يكون احتمال كشف الهدف لا يزيد عن قيمة ما معطاة ، بعامل الإعماء بواسطة التشويش السلبي $K_{TN} = P_{TN}/P_{S.in.min};$.

وبعد أن نحصل على قيمة K_{TN} ، يمكن تحديد الكمية اللازمة من العواكس لتمويه الهدف : $N_{n.R.D.R}$ فإذا افترضنا أن الكاسيتات تسقط في كل حجم نبضي ، فتصبح كمية الكاسيتات اللازمة لتشكيل طيف تشويش سلبي بهدف حماية الطائرات على قسم من مسارها طوله L :

$$N_{n.R.D.R} = \frac{N_{R.V}.L}{0,5.C.\tau} ;$$

ولكي نخفي مجموعة من الطائرات على مسار طوله 100 كم عن المراقبة الرادارية ، التي تتميز بحجم أصغري طوله 250 متر ، بشرط أن نعتبر أنه يكفي إسقاط كاسيت واحد في كل حجم نبضي $(N_{R.v}=1,0)$ ، من الضروري استخدام 400 كاسيت $(N_{n.R.D.R} = 1.100.10^3/250 = 400)$ ويسمى ذلك الحيز من الفراغ ،

الذي يؤمن فيه نسبة التشويش/ الإشارة لإخفاء هدف ما ، بالمنطقة المموهة . وتحدد أبعادها تقريبياً بعرض قطاع تشتت العواكس الديبولية الراديوية وبالقدرة السماحية لمحطة الرادار بالمسافة وبالأحداثيات الزاوية ، وأيضاً بالتموضع النسبي لقطاع العواكس الديبولية الراديوية ومحطة الرادار المستهدفة .ُ ويحدد عرض المجال التمويهي الفعال $B_{M.E}$ تقريباً بالعلاقة الآتية :

$$B_{M.E.} = D.Q_{0,5} + L_{э.п};$$

حيث هنا : $L\ni n$ ـ عرض المجال التمويهي ؛

$Q_{0,5}$ ـ القدرة السماحية الخطية لمحطة الرادار المستهدفة بالزاوية .

وبما أنه بعد إسقاط الكاسيتات من الطائرة بأجزاء الثانية ، تنخفض سرعة العواكس الديبولية الرادارية حتى الصفر أو حتى سرعة الريح ، فيمكن لمحطات الرادار ، التي تستخدم أثر دوبلر تمييز الطائرة المتحركة خلال غيمة الديبولات ، حتى عندما تكون كثافتها كافية . ويمكن أن نتجنب حدوث ذلك بتشكيل تشويش سلبي وإيجابي ضد محطة الرادار في نفس الوقت .

يتميز التشويش السلبي عن غيره بإمكانية تشكيله ضمن مجال ترددي واسع دون الحصول على معلومات مسبقة دقيقة عن مواصفات الوسائط الألكترونية الراديوية المستهدفة . وعند الاستخدام الصحيح لهذا التشويش ، يكون تأثيره فعالاً ضد العديد من الوسائط الألكترونية الفنية في نفس الوقت .

يتم إسقاط كاسيتات العواكس الديبولية الراديوية بواسطة رشاشات خاصة وقنابل جوية وصواريخ أرضية وجوية وقذائف مدفعية أو ألغام .

تركب عادة الرشاشات في القطاع الذيلي للطائرة (أو في حاويات معلقة على جسم الطائرة) ويتم التحكم بإسقاطها عن بعد . وترمى الكاسيتات من الرشاشات الخاصة بتوتر يتراوح بين عدة دقائق إلى عدة عشرات منها ، وذلك حسب القدرة الإمرارية لمحطة الرادار . ويبرمج هذا التوتر مسبقاً على الأرض ، ولا يمكن تغييره أثناء الطيران إلا ضمن مجالات صغيرة .

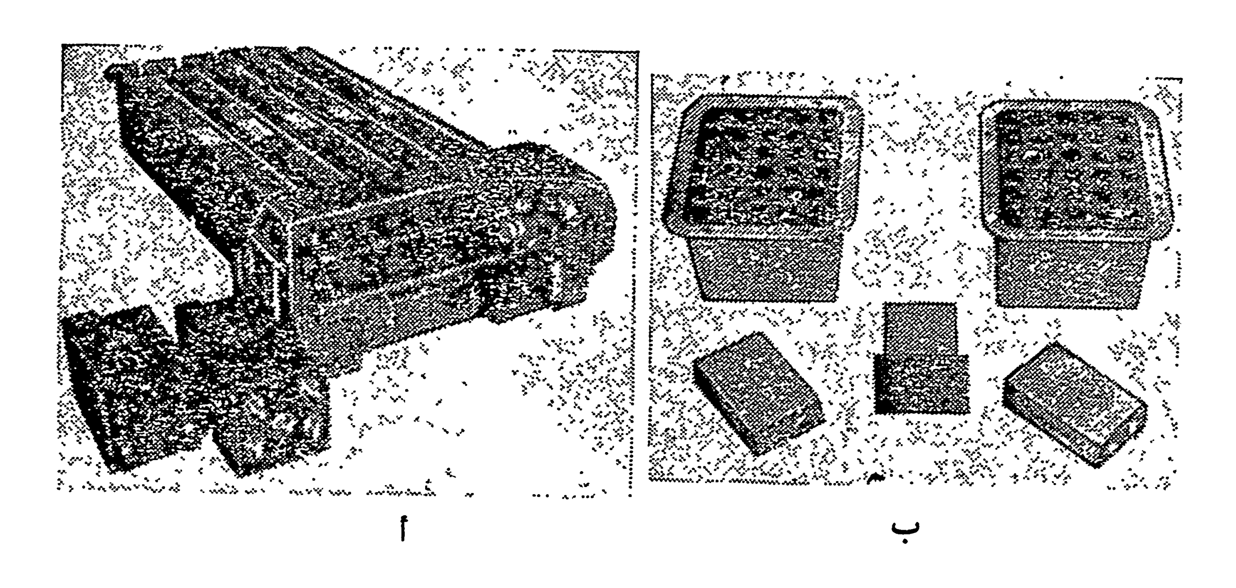
في الغرب ، يستخدمون ثلاثة أنواع من هذه القواذف ـ كهروميكانيكية ، صاروخية ونارية ، تعمل على مبدأ ضغط الهواء .

يتألف التجهيز الكهروميكانيكي من آلية قذف وخمس أقنية ، التي خلالها يتم رمي وسائط الحرب الألكترونية ذات الاستخدام لمرة واحدة (انظر الشكل 33 أ) . تؤمن وحدة التحكم اختيار سرعة الإسقاط اللازمة وتسجيل عدد الكاسيتات المسقطة . وتسمح هذه التجهيزات بإسقاط كاسيتات ديبولية وأهداف كاذبة على الأشعة تحت الحمراء لحرف رؤوس التوجيه الصاروخية الحرارية ومرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة . يحتوي الرشاش الكهروميكانيكي

نموذج ALE-32 على ستة كاسيتات يتسع كل منها لـ 540 حزمة من العواكس .

يتم إطلاق كاسيتات التشويش الديبولي من القواذف الصاروخية النارية تحت تأثير الغازات الناتجة عن احتراق خليط الاحتراق . ويعتبر النموذج ALE-29A الموضح على الشكل (33 ب) من أحد هذه النماذج ، ويتألف من مخازن قضبان تحتوي على عواكس ديبولية راديوية ومن مصائد حرارية أو مرسلات تشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة ، التي يتم إطلاقها بواسطة صواعق تعمل على تيار نبضي . أما التحكم بكمية الكاسيتات المطلقة وبعدد الاطلاقات وتواترها فيتم عن طريق وحدة مخصصة لهذا الغرض .

أما القواذف (الرشاشات) ، التي تعمل على مبدا ضغط الغازات فتطلق كاسيتات الديبولات من مخزن تحت تأثير الآزوت المضغوط . فعلى سبيل المثال ، يخصص القاذف ALE-28 للتركيب على الطائرة F-111 ، ويمتلك مخزني إطلاق ، كل واحد يحتوي على كاسيتين ، يتم التحكم بإطلاقهما عن طريق تجهيز برمجة عن بعد . وتظهر المعلومات عن العواكس الديبولية غير المطلقة على لوحة عرض ، على التوازي مع ظهور المعلومات عن الوضع الراداري والإشارات ، المنتجة من قبل منظومة الكشف والإنذار عن وصول إشعاع راداري إلى الطائرة . ويتم تشكيل الغيمة العاكسة خلال زمن يتراوح بين أجزاء الثانية وعدة ثوان ، وذلك حسب نوع القاذف المستخدم لإطلاق العواكس الديبولية الراديوية .



ب أ

الشكل (33) القواذف الجوية المستخدمة لإطلاق كاسيتات العواكس الديبولية الراديوية ، مصائد تعمل على الأشعة تحت الحمراء ومرسلات تشويش ذات استخدام لمرة واحدة .

أ ـ قاذف ألكترو ـ ميكانيكي ALE-27 (إلى اليسار تظهر وحدة التحكم) ؛

ب ـ القاذف الصاروخي الناري ALE-29A

تتحرك الطائرات النفاثة الحديثة خلال الزمن اللازم لتبعثر العواكس الديبولية الرادارية مسافة تزيد عن أبعاد الحجوم النبضية لمحطات الرادار المستهدفة . لهذا لا تستطيع الطائرة الدفاع عن نفسها بواسطة العواكس ، المقذوفة من قواذفها . وتُحل هذه المهمة بإسقاط عواكس ديبولية رادارية من قبل صواريخ ، تطلق من قواعد إطلاق تحتوي على حتى الـ 20 صاروخ . وبعد إطلاق الكاسيت ، تتوزع العواكس باتجاهات ، الأمام والخلف والأسفل والأعلى على خط مسار الطائرة ، مشكلة غيمة عاكسة ذات سطح عاكس فعال ، مساحتها تتراوح بين (50–100) م^2 ، وتلاحق هذه الغيمة من قبل محطة الرادار سوية مع الطائرة . ونتيجة لذلك يتم قطع دارة الملاحقة الأوتوماتيكية للهدف بالمسافة وبالأحداثيات الزاوية وبالسرعة .

تتمكن العواكس الديبولية الراديوية الانتشار عن طريق إدخال حزمها في تيار الهواء بعد قذفها من مخازن الطائرة بواسطة صواعق خاصة . تتوضع الحزم في المخزن بعد ربطها مع بعضها بخيوط ملفوفة على بكرات ، التي يسبب دورانها خروج الحزم من الطائرة . وهنا تنفصل الحزم عن الخيوط وتسقط في التيار الهوائي ، الذي يلامس الطائرة ، وبالنتيجة تتوزع الديبولات مشكلة غيمة عاكسة . وأحياناً تنتشر العواكس الديبولية الراديوية خلال دخان عادم السفينة وذلك لاستخدام قوة رفع الدخان المتصاعد .

يتم إسقاط القنابل الجوية التي تحتوي على عواكس ديبولية راديوية لتشكيل تشويش سلبي من ارتفاعات عالية من الطائرة الموجهة للمجموعة الضاربة أو من طائرة التأمين . تشكل العواكس الديبولية الراديوية المسقطة من القنابل الجوية من على ارتفاع يتراوح بين (3–6) آلاف م ، شاشة بيضاء على جهاز عرض محطة الرادار ، تغطي الطائرات القتالية .

تستخدم العواكس لحماية هدف واحد وللحماية الجماعية للأهداف أيضاً عن الكشف الراداري والتدمير بواسطة الأسلحة ذاتية التوجيه . إن العواكس المسقطة من الطائرات والسفن باتجاه حركة الريح ، تنساق باتجاه الأهداف المراد حمايتها . كما أنهم يسقطونها باتجاه مسار حركة الأهداف ، المراد حمايتها أيضاً . تشكل الغيوم أو المناطق ذات الأبعاد الكبيرة عند إسقاط أعداد كبيرة من الديبولات حسب برنامج مسبق التلقيم مع أخذ اتجاه مسارات الطائرات (السفن) القتالية والظروف الميترولوجية بعين الاعتبار . تنتشر العواكس الراديوية لتشكل غيمة ذات الحجم اللازم خلال أجزاء من الثانية بعد الإسقاط ، إذا كانت المحطات المستهدفة تعمل على طول موجة قدره 10 سم ، وخلال عدة ثوان ، إذا كان طول الموجة العاملة 25 سم وأكثر .

تتراوح السرعة الوسطى لسقوط العواكس الراديوية من على ارتفاع 5 كم بين (70 و100) م/ دقيقة ، ومن على ارتفاع 10 كم بين (140–200) م/ دقيقة .

وبما أن العواكس ذات التوجه العمودي تتساقط بسرعة أكبر من تلك ذات التوجه الأفقي ، فإنه خلال بعض الوقت من زمن الإسقاط ، يتشكل في الغيمة حيزان : علوي ـ ذا استقطاب أفقي غالب وسفلي ـ ذا استقطاب عمودي غالب . ويُسهل هذا الوضع القدرة على انتخاب الأهداف من بين خلفية ظلال التشويش السلبي للأمواج الراديوية . ويلاحظ في الغيمة حجب الفعل المتبادل بين مختلف العواكس الديبولية الراديوية ، الواقعة على أبعاد 10λ أحدها من الآخر في المستوى العمودي على مستوى انتشار الأمواج الراديوية . ونتيجة لذلك تنخفض مساحة السطح العاكس الفعال الكلية للغيمة عن القيمة الحسابية التي نأخذ فيها بعين الاعتبار مجمل كمية العواكس المستخدمة . فعلى سبيل المثال ، عند توفر 100 عاكس تعمل على أمواج طولها 3سم ، تكون مساحة السطح العاكس الفعال الفعلية أقل بـ 10 مرات ، مما نحصل عليه من المعادلة 0,17λN ، حيث هنا : N– عدد العواكس في الغيمة . ولكي نتفادى أثر العزل المتبادل يجب أن تكون الكمية الوسطى للعواكس في الغيمة ، المنتشرة على سطح متعامد مع اتجاه انتشار إشارات محطة الرادار مساحته 0,1 م²، لا تقل عن 100 لمجال الأمواج بين (0,1–1,0) قيغاهيرتز وحتى 10 آلاف لمجال الأمواج بين (1–10) قيغاهيرتز وحوالي مليون للترددات ، التي تزيد عن 10 قيغاهيرتز .

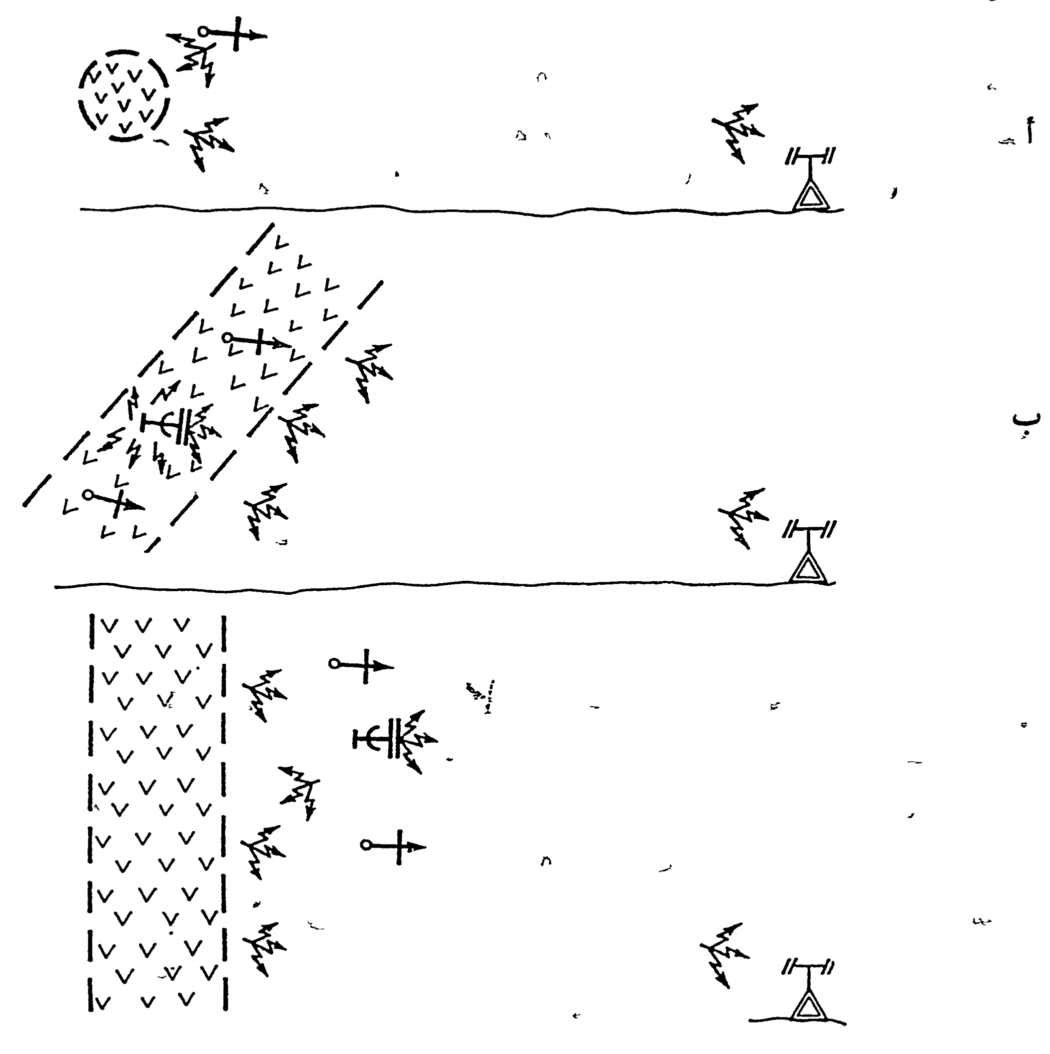
على السفن ، تستخدم الصواريخ وقذائف المدفعية لإطلاق العواكس الديبولية الراديوية . فعلى السفن الإنكليزية الحديثة ، نجد قواعد إطلاق صواريخ «كوروس» غير موجهة من عيار 102 مم تحتوي على عواكس ديبولية راديوية وأهداف كاذبة ضد الوسائط التي تعمل على الأشعة تحت الحمراء . يحمل كل صاروخ كمية من هذه العواكس والأهداف في قسمه الرئيس وزنها 0,5 كغ .

يستخدم الأسطول البحري الحربي لبريطانيا العظمى منظومة متعددة الشحنات نموذج «بروتيان» ذات كؤوس رمانية ، مخصصة لإسقاط العواكس الديبولية الراديوية من سفن ذات الحمولات الكبيرة . تمتلك كل منظومة أربعة مخازن مشحونة في كل مخزن تسع سبطانات . طول كل رمانة 225 مم ، وقطرها 40 مم . يتم تنفيذ الإطلاق برشقات ، يطلق في كل منها تسع رمانات . وبعد خمس دقائق من الإطلاق ، تتشكل على ارتفاع من (40–60) م غيمة تصل مساحة سطحها العاكس الفعال حتى 300 م²، تشكل تشويشاً سلبياً ضد محطات الرادار ، ورؤوس توجيه الصواريخ الذاتية ، التي تعمل ضمن مجال ترددي من (5 حتى 20) قيغاهيرتز . يتم إطلاق الصواريخ حسب معطيات وسائط سطع السفينة وتحدد كمية وتواتر إطلاق الرمانات حسب مواصفات السفينة المراد حمايتها .

والعوامل الرئيسة المؤثرة على فاعلية التشويش السلبي للأمواج الراديوية هي : أولاً ـ مساحة السطح العاكس الفعال لعاكس واحد أو حزمة من العواكس والغيوم والحيزات المشكلة من

قبلها . ثانياً ـ أساليب انتثار وسرعة سقوط العواكس الديبولية وعامل إعمائها وحركاتها الانتقالية وزمن تشكل الغيمه أو الحيز وتاثير الوسط على فاعليتها (الريح ، الرطوبة والانكسارات) .

ثالثاً ـ الكثافة الحجمية للمواصفات الوزنية والبعدية والاستقطابية للعواكس الديبولية الراديوية في الغيمة (الحيز) . رابعاً ـ كثافة انعكاس طاقة الأمواج الكهرطيسية وعامل حجب أثر الغيمة (الحيز) . خامساً ـ الحركة النسبية بين العواكس الديبولية والأهداف التي تحميها . لا تسمح لنا الوفرة (الغزارة) والطبيعة العشوائية لتغير هذه العوامل ، حساب الفاعلية المنتظرة للتشويش السلبي بشكل مسبق ، والتي تحدد عملياً أثناء الاختبارات الحقيقية والتجارب التي تجري في أنابيب إيروديناميكية .



الشكل (34) طرق إنارة العواكس الراديوية من قبل التشويش الراديوي الإيجابي .

أ ـ بواسطة طائرة مقاتلة ؛ ب ـ بواسطة طائرة حرب ألكترونية تقع في حيز العواكس الراديوية ؛ حـ ـ بواسطة طائرة حرب ألكترونية تقع خارج الحيز .

ويمكننا التوصل إلى إعماء الوسائط الألكترونية الراديوية بوثوقية أكبر ، عندما نشكل تشويشاً إيجابياً وسلبياً وكذلك بإنارة الغيوم ، التي تشكلها العواكس الديبولية الراديوية بواسطة مرسلات تشويش إيجابي . يتم تأمين إنارة غيوم ، ستائر أو أشرطة العواكس الديبولية الراديوية للحماية الفردية أو الجماعية للطائرات وللسفن وللصواريخ ، بواسطة طاقة التشويش الإيجابي . وهنالك عدة طرق ممكنة لإنارة العواكس الديبولية . ففي الطريقة الأولى (الشكل 34أ) تشع الطائرة ، التي تقوم بإسقاط العواكس ، غيومَ العواكس المتشكلة بواسطة مرسل تشويش إيجابي ، الذي يوجه هوائيه لا باتجاه محطة الرادار المستهدفة ، بل باتجاه الغيوم . في هذه الحالة ، ينعكس التشويش الإيجابي عن الغيوم وتقوم بالتأثير الإعمائي على محطات الرادار ، في الوقت ، الذي تكون فيه طاقة إشارات محطات الرادار ، المنعكسة عن العواكس تؤثر عليها أيضاً . وبما أن سرعة حركة الأهداف الكاذبة ، المشكلة من قبل العواكس ، تختلف عن سرعة الأهداف الحقيقية ، فإن عامل محطة الرادار يستطيع التمييز بينها . ونظراً لذلك ، تعتبر هذه الطريقة ، أكثر فاعلية ضد منظومات الكشف والملاحقة المؤتمتة التي تدخل في تركيب محطات الرادار ، وضد رؤوس التوجيه الذاتي للصواريخ أيضاً . وفي هذه الطريقة يمكن استخدام التشويش الإيجابي الضجيجي والنبضي . أما الطريقة الثانية (الشكل 34 ب) فتنحصر في تسليط التشويش الإيجابي على أشرطة العواكس الديبولية الراديوية من النوع المعاد إرساله بتعديل على التردد الدوبلري لتغطية المجالات الترددية لمحطات الرادار ، ذات الإرسال النبضي ـ الدوبلري أو المستمر . عند ذلك ، تتشكل عدة انعكاسات ذات ترددات دوبلرية مختلفة ، التي تستطيع تمويه الهدف بأمانة . والطريقة الثالثة (الشكل 34 حـ) تنحصر في إنارة التشويش الإيجابي لأشرطة العواكس الديبولية الراديوية بزاوية تنحرف بمقدار 180 درجة عن اتجاه حركة الطائرة (السفينة) المحمية .

ثالثاً ـ العواكس الراديوية الزاوية والعدسية :

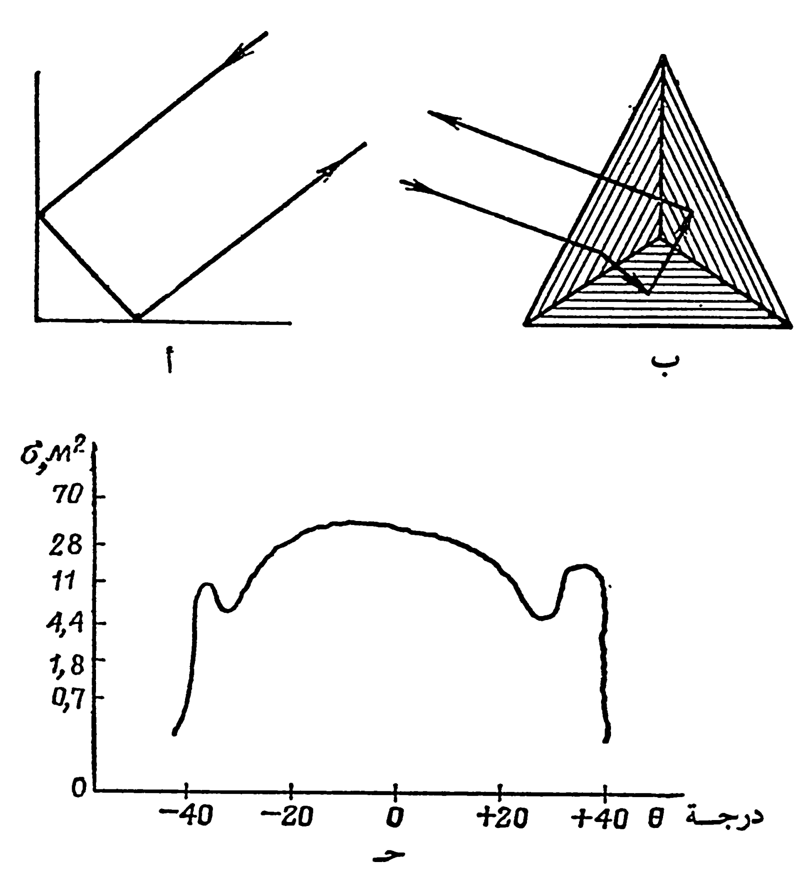
يتألف العاكس الزاوي من سطوح متعامدة موصولة مع بعضها . والمميزة الهامة للعواكس الزاوية هي أنها تعكس الجزء الأكبر من طاقة التردد العالي الواردة إليها من أي اتجاه كان ، بشرط أن ينحصر ضمن زاويتها الداخلية ، في اتجاه محطة الرادار المرسلة . وبفضل هذه المميزة ، يمتلك العاكس الراديوي الزاوي ، حتى ذلك الذي تكون مقاييسه صغيرة ، سطحاً عاكساً فعالاً كبيراً .

إن العاكس الراديوي الزاوي البسيط ، هو عبارة عن زاوية ذات سطحين (الشكل 35 أ) . ويحصل الانعكاس الأعظمي فيه ، في تلك الحالة ، عندما تسقط عليه الأمواج الكهرطيسية متوازية على منصف زاوية العاكس . ويمكن تغيير كثافة انعكاس الموجة ضمن بعض مجالات دوران العاكس الراديوي في إحدى مستوياته . وينحصر تميز العاكس الراديوي الزاوي ثنائي السطوح ، في أنه يعكس الجزء الأعظمي من الطاقة باتجاه مصدر الإرسال (البث) في تلك الحالة التي ترد فيها هذه الطاقة من اتجاه يتعامد مع ضلعه .

أما استقطاب الأمواج وشعاع توتر الحقل الكهربائي ، اللذان يقعان في مستوى الورود بعد الانعكاس المزدوج عن كلا السطحين ، فيبقيان دون تغيير . وعند الانعكاس الأحادي للموجة عن السطحين ، يتطابق استقطاب الموجة المنعكسة مع استقطاب الموجة الواردة . ونتيجة لذلك ، تستطيع محطات الرادار ذات الاستقطاب الخطي للأمواج مراقبة العواكس الراديوية ذات السطحين جيداً .

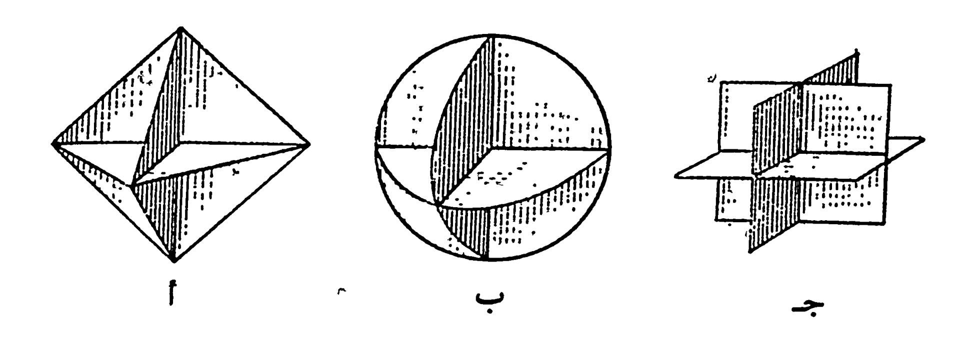
والعيب الرئيس للعواكس الراديوية ذات السطحين هو في امتلاكها لمخطط إحداثي إشعاعي ضيق في مستوى حرف اتصال السطحين . ويمكننا تجنب ذلك إذا أضفنا إلى سطحيها سطحاً ثالثاً ، وبالنتيجة يتشكل لدينا عاكس راداري ثلاثي السطوح (انظر الشكل 35 ب ، حـ) . وغالباً يستخدمون العواكس الراديوية ثلاثية السطوح المعدنية المصنعة على شكل مربع أو مثلث أو قطاع ، وأحياناً يمكن أن تكون ممعدنة (انظر الشكل 36) .

تشكل السطوح الداخلية لجدارن العاكس ، إذا كانت أبعادها أكبر كثيراً من طول الموجة الواردة ، نظاماً من ثلاث مرايا . وتتشكل الموجة الراديوية ثلاثية الانعكاس عن سطوح العاكس بواسطة حزمة الأشعة ، التي تنعكس باتجاه مصدر الورود ضمن قطاع ذي عرض كاف . أما مخطط انعكاس أمواج العاكس الراديوي في المستويين الأفقي والعامودي : فتمتلك ثلاثة اتجاهات لقيم أعظمية (انظر الشكل 36 حـ) . يتشكل الاتجاه الأعظمي المركزي بواسطة الموجة الواردة بشكل موازٍ لمحور العاكس التناظري ، نتيجة للانعكاس الثلاثي للأمواج ، أما الوريقات الجانبية ـ فتتشكل نتيجة الانعكاسات الثنائية للموجة الواردة عن جدران العاكس .



الشكل 35 لتوضيح مبدا عمل العاكس الزاوي الراديوي .

أ ـ عاكس ثنائي الجدران ؛ ب ـ عاكس ثلاثي الجدران ؛ حـ ـ المخطط الإشعاعي الإحداثي لانعكاس طاقة العاكس الراديوي ثلاثي الجدران .



الشكل (36) ـ العواكس الزاوية الراديوية : أ ـ عاكس ثلاثي الجدران ؛ ب ـ عاكس ذي جدران قطاعية ؛ حـ ـ عاكس ذي جدران مربعة .

تتعلق كثافة الانعكاس بأبعاد وشكل سطوح العاكس الزاوي الراديوي ، وبنوع المادة المصنع منها وباتجاه ورود الموجات . وتعطى المعادلات ، التي تشير إلى المساحة الأعظمية للسطح العاكس وعرض الوريقة الرئيسة لمخطط الانتشار المعاكس $Q_{0,5}$ للعاكس الزاوي :

عاكس زاوي ذي سطوح مثلثة الشكل : $\mathfrak{S}_{\triangle max.} = 4\pi a^4/3\lambda^2;$

$Q_{0,5} \approx 60°;$

عاكس زاوي ذي سطوح مربعة الشكل : $\mathfrak{S}_{\square max} = 12\pi a^4/\lambda^2;$

$Q_{0,5} \approx 35°;$

عاكس زاوي ذي سطوح قطاعية الشكل : $\mathfrak{S}_{\triangledown max.} = 2\pi a^4/\lambda^2;$

حيث هنا : a ـ طول حرف العاكس الراديوي . أما الكرة ذات نصف القطر r فلها سطح عاكس فعال $\mathfrak{S}_{O} = \pi r^2;$

أما الصفيحة المستوية ذات الشكل العشوائي والمساحة S فسطحها العاكس الفعال :

$$\mathfrak{S}_{\diamond} = 4\pi S^2/\lambda^2;$$

تزيد مساحة السطح العاكس الفعال الأعظمية للعاكس الراديوي الزاوي عند زيادة أبعاد سطوحه وانخفاض طول الموجة الساقطة عليه . فعلى سبيل المثال ، عندما يكون طول ضلع العاكس ذي السطوح المثلثية 0,5 م ، تكون المساحة الأعظمية لسطحه العاكس الفعال على موجة طولها 10 سم ، 25م² ، أما عندما يكون طول الموجة 3 سم فـ 290 م² . وعندما تكون أطوال الأضلاع متساوية ، فإن المساحة الأعظمية لسطح العاكس مربع السطوح الفعال أكبر بـ 10 مرات تقريباً من مثيلتها للعاكس مثلثاتي السطوح .

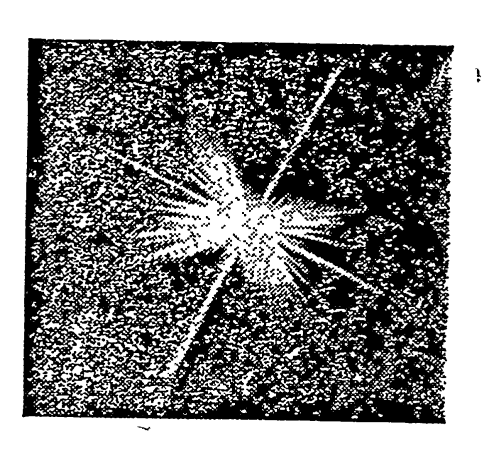
نحصل على الكثافة الأعظمية لطاقة انعكاس الأمواج الراديوية ، عندما تكون جوانب العاكس الزاوي دقيقة التعامد . ويجب أن تراعى الدقة العالية والحذر عند تصنيع العواكس الزاوية ، لأنه إذا كان هنالك انحراف بزاوية قدرها 1° (درجة) عن القائمة ، فإن السطح العاكس الفعال ينخفض عندها بـ 5 مرات .

أما العواكس مثلثاتية الوجوه فهي أقل حساسية للأخطاء الحاصلة نتيجة التصنيع ، لأنها تتميز بمخطط إشعاعي إحداثي عريض وسطوح قاسية . لهذا تستخدم بشكل أوسع ، بغض النظر أنه للحصول على نفس مساحة السطح العاكس الفعال نتطلب مواداً أولية أكثر ، مما لو كان العاكس الزاوي مربع الوجوه .

ونتطلّب دقة أكبر ، عند تصنيع عواكس ، مخصصة للعمل ضمن مجال الأمواج الضوئية . إذ يتم تصنيعها من مواد خاصة تتأثر بالضوء ويراعى في تجميعها أن تحقق طرق الانعكاس الضوئية .

يعكس عاكس راديوي واحد ذا ثلاث حروف طاقة الأمواج الراديوية ضمن مجال مربع واحد . وعرض مخطط انعكاس العاكس الراديوي الزاوي على مستوى نصف الاستطاعة يصل إلى 50° ، الأمر الذي لا يكفي دائماً لتغطية الأهداف عن إمكانية كشفها رادارياً من جميع الجهات .

يمكننا زيادة عرض مخطط الانعكاس الإحداثي في مستوياته المختلفة بتوحيد العواكس في مجموعات لها اتجاهات مختلفة . ومثل هذا التركيب ، يؤمن لنا الحصول على مخطط إشعاعي انعكاسي دائري متناسق . وحتى العاكس الراديوي رباعي الزوايا ، يشكل لنا مخططاً إحداثياً انعكاسياً متعدد الوريقات (انظر الشكل 37) ، أما العاكس خماسي الخلايا فيمتلك مخططاً إشعاعياً إحداثياً أعرض ، ويسمى بالمجسم ثماني السطوح ، ونحصل منه على مخطط إشعاعي انعكاسي ذي ثمان وريقات نتيجة انعكاس الأمواج عن حروفه الستة ، لأن حرفين منها يعكسان الأمواج إلى الأعلى والأسفل .



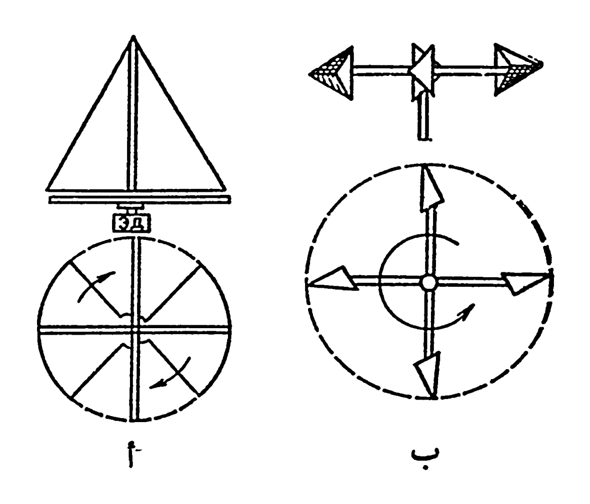
الشكل (37)

منظر من على شاشة محطة الرادار لإشارة منعكسة عن عاكس زاوي راديوي رباعي الخلايا .

ويمكننا أن نسمي المجموعة المؤلفة من عشرين عاكساً ثلاثية الوجوه ، بالمجموعة المعقدة عند نشرها في الفضاء . تشكل سطوح فتحات جميع الأحرف لمثل هكذا عاكس راديوي مخططاً متعدد الوريقات ذا عشرون وجهاً .

وأحد عيوب مثل هذه المجموعات من العواكس الراديوية ، ينحصر في وجود تشويهات عميقة في مخططاتها الإشعاعية الانعكاسية . ويمكننا أن نتجنب هذا العيب بتدوير العواكس ، الأمر الذي يشكل محصلة لمخطط إشعاعي إحداثي عكسي أوسطي لسطوحها العاكسة الفعالة . ويبين لنا (الشكل 38 أ) أحد نماذج هذه العواكس الراديوية الدوارة المعقدة . وفيه نرى مجموعة من أربعة عواكس مثلثية الوجوه تدور بواسطة محرك كهربائي ، وتعدل الإشارات المنعكسة عنها مطالياً بضعف تردد الدوران .

يمكننا الحصول على تعديل مطالي لاهتزازات الأمواج الكهرطيسية أثناء تدوير حروف العواكس والتغيير الطارىء على مساحات سطوحها وباستخدام الحواجز الماصة . أما التعديل الطوري وبالتالي الترددي للإشارات المنعكسة ، فنحصل عليه بتحريك العواكس الراديوية الزاوية او حروفها . فعلى سبيل المثال ، نحصل على التعديل الطوري في نظام يحتوي على أربعة عواكس مثلثاتية الوجوه ، عندما تدور بتأثير حركة الرياح (انظر الشكل 38 ب)



الشكل (38)

العواكس الزاوية الراديوية المعدلة .

أ ـ تعديل مطالي ؛ ب ـ تعديل طوري (ترددي) .

تؤثر الأنظمة المؤلفة من عدة عواكس زاوية راديوية وأيضاً العواكس ذات الشبكات الاستقطابية ، بنجاح على الأمواج التي تتميز باستقطاب أفقي أو عمودي أو دائري . يعكس كل حرف اتجاه دوران استقطاب الموجة . لهذا ، فإن العاكس ثلاثي الحروف ، الذي يمتلك عدداً فردياً من الحروف العاكسة ، يعكس اتجاه دوران شعاع الحقل الكهربائي للإشارة المنعكسة . ويمكننا القضاء على هذه الظاهرة ، على سبيل المثال ، بوضع صفيحة من مادة نصف ناقلة ذات انحراف طوري أو نابض أمام أحد وجوه العاكس . وهذا يؤدي إلى أن يصبح فرق الأطوار بين الاستقطابين العمودي والأفقي لأجزاء الطاقة ، المنعكسة عن الصفيحة الداخلية غير مساوٍ لـ 90° أما قيمته الحقيقية فتتراوح بين 0°و180° . وعند جمع هذه الموجة مع الموجة ، المنعكسة عن السطح الخارجي للصفيحة ، تظهر موجة مستقطبة ، يمكن تقسيمها إلى موجتين ذاتي استقطابين دائريين ، مختلفا الاتجاه والمطال . ونحدد سماكة هذه الصفيحة وبعدها عن الحرف المعدني عن طريق التجربة . ولكي تمر إحدى مركبات الحقل ، من أمام العاكس الراديوي ، يضعون شبكة مؤلفة من أسلاك معدنية عمودية أو من نوابض .

يستطيع هذا العاكس ، ذا الشبكة ، العمل على أمواج ذات استقطاب دائري وأفقي .

تشكل العواكس الراديوية الزاوية ، ذات الأبعاد الصغيرة حينما تمتلك سطحاً عاكساً فعالاً كبيراً نسبياً على شاشة جهاز عرض محطة الرادار ، علامات مضيئة ذات أبعاد صغيرة مقلدة بذلك أهداف نقطية .

يتصف العاكس الراديوي المخروطي المزدوج ، الذي مشكلاته متموضعة على زوايا مستقيمة (الشكل 39) ، بمواصفات العاكس الزاوي ثنائي الحروف . وبامتلاكها مخطط إحداثي إشعاعي دائري ، يعكس هذا النوع من العواكس الجزء الأغلب من الموجة الواردة باتجاه ورودها . وعندما تكون مستويات استقطاب الموجة الواردة متوازية مع المحور الطولي للعاكس ، يعطى السطح العاكس الفعال بالمعادلة :

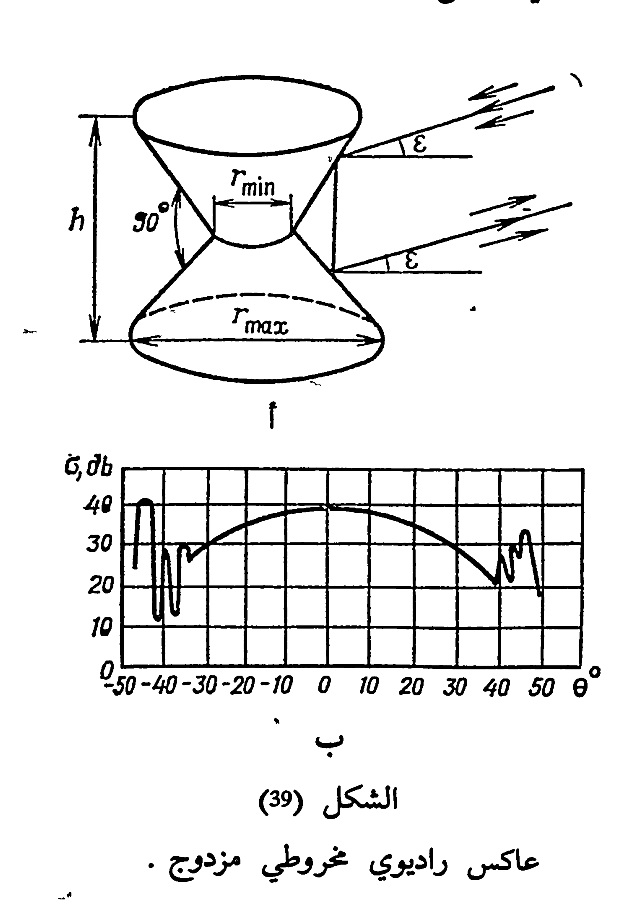
$$\mathfrak{S}_{E.R.} = 2\pi . r_{mid.}^2 . h^2/\lambda^2;$$

حيث هنا :

$$r_{mid.} = (r_{max.} + r_{min.}) /2;$$

لم تجد العواكس المخروطية المزدوجة استخداماً واسعاً ، بسبب صعوبة تصنيعها والكثافة المحدودة للأمواج المنعكسة .

تقوم العواكس الزاوية الراديوية الصناعية أو المجمعة في القطعات العسكرية ، بتقليد أو تغطية مختلف أنواع الأهداف والمعدات والوحدات العسكرية . وبواسطتها يمكننا تقليد جسور وأنهار وخطوط ساحلية لبحيرات وغيرها من الأهداف الطافية .



الشكل (39)

عاكس راديوي مخروطي مزدوج .

أ ـ الشكل الخارجي ؛ ب ـ المخطط الاحداثي لانعكاس الأمواج الراديوية .

واحد العيوب الرئيسة للعواكس الراديوية الزاوية ، هو العرض القصير لمخطط إشعاع طاقة الأمواج الراديوية الإحداثي . تمتلك العواكس الراديوية العاملة على مبدأ عدسة ليونيبرغ ، مخططاً إشعاعياً إحداثياً أكبر عرضاً وأحياناً يكون دائرياً . وهذا العاكس عبارة عن كرة مصنوعة من عدد من الشرائح النافذة كهربائياً (الشكل 40) . يكون أحد نصفي الكرة ممعدناً . أما النفوذية نصف الناقلة (ε) للشريحة السطحية لهذه الكرة فقريبة من النفوذية الكهربائية للهواء ؛ وتتزايد هذه النفوذية بالتدريج في الشرائح التالية . يتم تركيز حزمة الأشعة المتوازية الواردة إلى سطح العدسة في نقطة على السطح الداخلي للكرة . وتنعكس طاقة الموجة المشكلة في المحرق عن الحاجز المعدني وتذهب باتجاه المشع على شكل أشعة متوازية ، بعد مرورها خلال النافذ الكهربائي . يتعلق عرض مخطط الإشعاعات المنعكسة بأبعاد السطح الحاجب للكرة . ويصل عرضه لعاكس راديوي عدسي إلى 140° .

السطح العاكس للمرآة العاكسة .

الشكل (40)

مبدأ انعكاس طاقة الأمواج الراديوية في عدسة «ليونيبيرغ» .

أما السطح العاكس الفعال الأعظمي لعدسة ليونبرغ ذات نصف القطر R ، فيعطى بالمعادلة :

$$\mathfrak{S}_{L.} = 4\pi^3.R_L^3/\lambda^2;$$

ومساحة السطح العاكس الفعال الحقيقي لعدسة ليونيبرغ أصغر ، نتيجة لفقدان جزء من الطاقة في مادة النافذ الكهربائي . وبغض النظر عن الأبعاد الصغيرة للعواكس الراديوية العدسية ، فإنها تمتلك سطحاً عاكساً فعالاً كبيراً . فعلى سبيل المثال ، تتميز العدسة ذات القطر 60 سم والوزن 40 كغ على الموجة ذات الطول 10 سم ، بسطح عاكس فعال يزيد عن 150 م² ، وعلى الموجة 3 سم - أكبر من 1800 م² ، أما على الموجة 1,5 سم فحوالي 7200 م² .

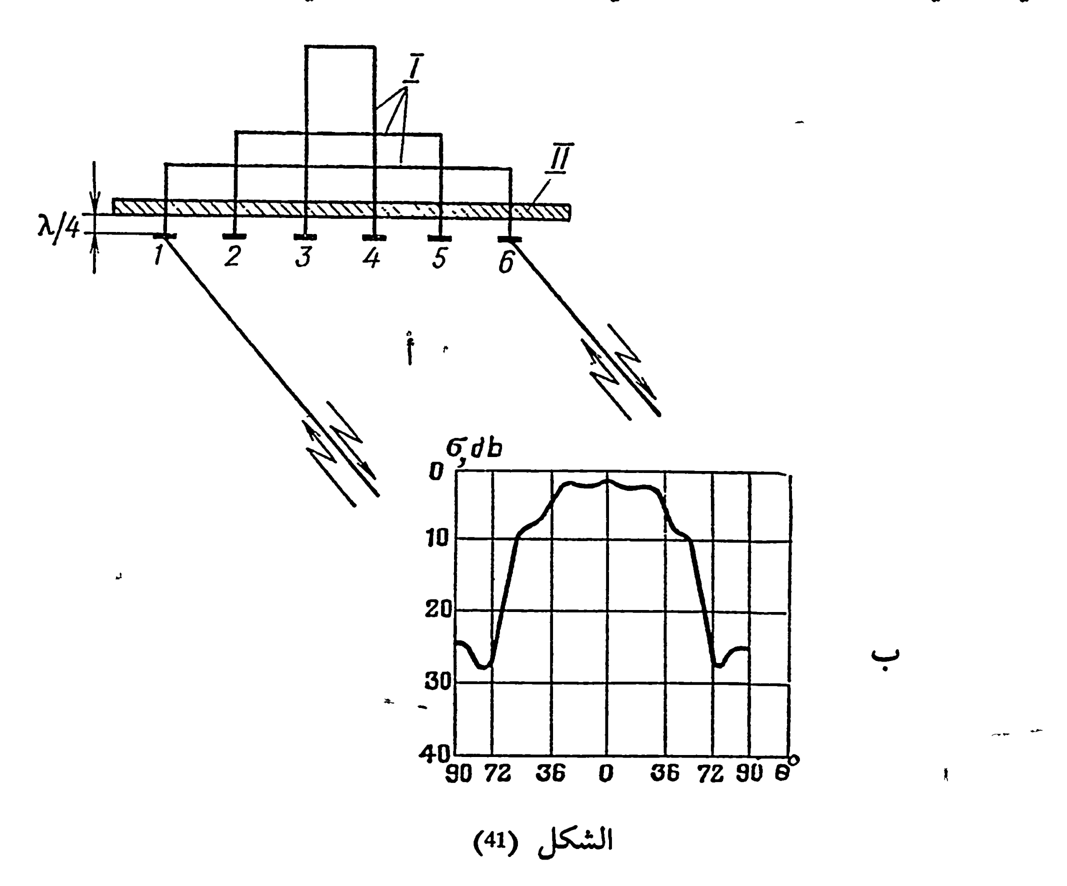
تؤمن عدسات ليونيبرغ انعكاساً لطاقة الأمواج الراديوية في اتجاهات محددة ، عندما يكون وزنها كبيراً . ولهذا ، فعندما نريد عكس طاقة الأمواج الراديوية أثناء ورودها من جميع الاتجاهات ، نستخدم عدسات موجهة ، وهي عبارة عن كرة ذات خاتم معدني عاكس . ويمكننا تشكيل مختلف المخططات الإحداثية الانعكاسية للإشعاعات بنقل الخاتم وزيادة عرضه . أما عامل انكسار الأمواج الراديوية فيها فيتعلق بنصف القطر ويعطى بالمعادلة :

$$n = \sqrt{(2R_L/r)-1};$$

ـ أما على السطح الخارجي للعدسة ، حيث R=r ، فعامل الانكسار يساوي الواحد تقريباً ـ n≈1 ، أما في المركز فهو n→∞ .

رابعاً ـ الهوائيات الشبكية معيدة الاشعاع .

إن الهوائيات الشبكية معيدة الإشعاع بتركيبها ، مماثلة للهوائيات العادية المستخدمة في الوسائط الألكترونية الراديوية ، لكنها تستخدم في نظام إعادة إشعاع (إرسال) الإشارات المستقبلة . ونحصل على هذا النظام عندما نربط الهوائيات في نقطة وصل الكابل المحوري أو ناقل دليل الموجة . نحصل على هوائي شبكي بسيط بالوصل الازدواجي لهزازين اعتياديين نصفي ناقلين (انظر الشكل 41 أ) .



الشكل (41)

مبدأ عمل الهوائي الشبكي معيد الاشعاع .

أ ـ مخطط وصل الديبولات ؛ ب ـ المخطط الاحداثي للانعكاس ؛ I ـ الخطوط المحورية ؛ II ـ الحاجز .

إذا اتفق عنصرا هذا الهوائي بالتوجه (الاتجاه) ، فإن الإشارات الراديوية المستقبلة من قبل الهزازة (الديبول) 1 ، يعاد إشعاعها (إرسالها) بالاتجاه المعاكس للديبول 2 . يتشكل الهوائي الشبكي من نموذج «VAN–ATT» من عدة أزواج متماثلة من الخطوط الموصولة ذات الطول الكهربائي الواحد . وحسب القدرة على تركيز طاقة الأمواج الراديوية ، تعتبر هذه الشبكات معادلة للعواكس الزاوية الراديوية ثلاثية الوجوه . تتألف شبكات (VAN–ATT) من ديبولات نصف ناقلة لهوائيات بوقية أو ذات النفوذ الكهربائي أو غيرها . نرى على الشكل (41أ) شبكة خطية تتألف من ثلاثة أزواج من الديبولات نصف الناقلة ، متصلة مع بعضها الآخر بواسطة كابلات محورية متساوية الأطوال . وفيها يعاد بث (إرسال) الموجة الراديوية المستقبلة من الديبول رقم /1/ من قبل الديبول رقم /6/ ، أما الديبول رقم /1/ فبدوره يقوم بإعادة إرسال الموجة المستقبلة من قبل الديبول رقم /6/ . تمر الموجات الواردة والمعاد إرسالها في نفس الطريق ، لهذا يتطابق الاتجاه الأعظمي لإعادة الإرسال مع اتجاه ورود الموجة .

تتعلق القيمة الأعظمية للسطح العاكس الفعال للهوائي الشبكي معيد الإرسال بطول الموجة وعدد الديبولات نصف الناقلة n_d ، وتعطى بالمعادلة التالية :

$$\mathfrak{S}_{max.} = \pi . n_d^2 . \lambda^2 / 4;$$

يمكن للإشارة الراديوية المعاد إرسالها أن تكون معدلة مطالياً بواسطة قالبات الطور ، الموصولة في الخطوط المحورية ، الواصلة بين الهزازات . يتم إعادة إرسال الإشارات من الهوائيات الشبكية في الاتجاه المعاكس ، إذا انطبق محور الديبولات مع اتجاه استقطاب الموجة الواردة . ويمكننا الحصول على هوائيات شبكية معيدة الإرسال بأية مواصفات استقطابية بالاختيار المناسب للمشعات باستقطاب معين .

ويمكننا استخدام حلزونات (لوالب) مسطحة بدلاً من الديبولات النافرة أثناء تصنيع الهوائيات الشبكية معيدة الإرسال ، وتركب هذه الحلزونات على صفيحة ذات نفوذ كهربائي . في هذه الحالة ، يزيد مجال عمل هذه الهوائيات ويتأمن عكس الإشارات الواردة بأي استقطاب كان ، وتصبح تكنولوجيا التصنيع أكثر بساطة ويقل الوزن وتنقص الأبعاد . تتميز الهوائيات الشبكية معيدة الإرسال بمخطط إشعاع انعكاسي عريض ، إذا ما قورنت بالعواكس الراديوية الزاوية (انظر الشكل 41 ب) . ولزيادة كثافة الإشارات المعاد إرسالها ، يستخدمون في هذه الهوائيات مضخمات ذات أبعاد قصيرة ، تُستخدم لتشكيل إشارات ذات تعديل مطالي ، طوري وترددي ، بالإضافة إلى عملها الرئيس .

تتعلق كمية العواكس الراديوية n ، اللازمة لتقليد أهداف أرضية أو بحرية بالأبعاد الخطية والقدرة الإمرارية لمحطة الرادار المستهدفة . وعند ذلك ، يجب أن تكون مساحتا السطحين العاكسين الفعالين المتوسطتين للهدف الكاذب ($\sigma_{L.0}$) ($\sigma_{R.R}$) متساويتين .

وبهذا يكون عدد العواكس الراديوية لتقليد هدف طويل (على سبيل المثال جسر) $n=L/\Delta D$ ، حيث هنا L ـ طول الهدف المقلد ؛ ΔD ـ القدرة الإمرارية لمحطة الرادار بالمسافة .

تتعلق المساحة الوسطى للسطح العاكس الفعال لعاكس واحد بمساحة السطح العاكس الفعال للهدف المقلد σ_0 وبعدد العواكس (n) ، اللازمة لتقليده .

$$\sigma_{R.R.} = \sigma_O/n;$$

الباب الرابع

الأهداف الكاذبة والمصائد.

تعتبر الأهداف الكاذبة والمصائد من وسائط الإعماء الألكتروني الفعالة . وتستخدم لتقليد مختلف أنواع الأهداف على شاشات الوسائط الرادارية والألكترونية البصرية (الضوئية) ، وذلك بزيادة الحمل الوارد إلى تجهيزات استقبال الوسائط الألكترونية الراديوية المستطلعة ، أو بجذب الأسلحة الموجهة ذاتياً إليها . ومن الشروط الهامة للاستخدام الناجح للأهداف الكاذبة والمصائد ، هو أن تتميز بسطح عاكس فعال كافٍ لتقليد الأهداف ومطابقة (مماثلة) الإشارة المنعكسة عن كل منها ، مع الإشارات المنعكسة عن الأهداف المراد حمايتها .

أولاً ـ الأهداف الكاذبة .

إن الهدف الكاذب عبارة عن تجهيز يقلد أهدافاً حقيقية بما يتميز به من مواصفات عاكسة . وحسب شكل ومجالات الأمواج المستخدمة ، يمكننا تمييز عدة أنواع من الأهداف الكاذبة : رادارية ، ضوئية وهيدروصوتية . يشكل على شاشات الوسائط الألكترونية الراديوية المستطلعة المختلفة علامات ، مشابهة لعلامات الأهداف الحقيقية بواسطة الأهداف الكاذبة . يعقد هذا الأمر صورة المسرح المكتشف وفاعلية عمل الطاقم البشري وأنظمة توزيع الأهداف ويزيد الوقت اللازم للتعارف على الأهداف . وحسب مكان (وسط) الاستخدام يميزون الأهداف الكاذبة إلى : أرضية ، جوية ، فضائية وبحرية .

وهنالك أنواع مختلفة من الأهداف الكاذبة الرادارية منها : الزاوية ، العدسية ، العواكس الراديوية الديبولية ، الهوائيات الشبكية السلبية ، الصواريخ ، الطائرات بدون طيار والمناطق المتأينة المحلية من الفضاء ، التي تحصل نتيجة انتشار أو احتراق عناصر قابلة للتأين بسهولة في طبقة الأوتموسفير .

تستخدم الأهداف الكاذبة الضوئية (البصرية) لعرض معلومات كاذبة أمام عمال وسائط الاستطلاع الألكترونية البصرية وحرف الصواريخ (القذائف ، القنابل الجوية) ذات رؤوس التوجيه الذاتية الحرارية (تحت الحمراء) ، اللايزرية والتلفزيونية . وهي عبارة عن مقلدات أهداف حرارية ، عواكس ضوئية ، نماذج منفوخة للعتاد العسكري والأهداف . إن الأهداف الكاذبة ، المستخدمة لإشغال الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الحرارية عن الطائرات ، هي صواريخ موجهة ، تطلق من

قواعد إطلاق جوية أو أرضية على حد سواء . وأحياناً ، تشكل أهدافاً كاذبة ضد الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الحراري الذاتية ، بواسطة خزانات معبأة بغاز ساخن ، تُسقط من الهواء إلى جوار الهدف المراد حمايته (سفينة ، غواصة) . يمكننا قطر الأهداف الكاذبة خلف الطائرات وإسقاطها أمام أو إلى جانب مجموعات الطيران الضاربة ، مقلدة هجوماً على اتجاهات كاذبة . أما على سطح البحر ، فيمكننا قطر الأهداف الكاذبة بواسطة السفن أو الغواصات أو إطلاقها لتتوجه إليها الأسلحة ذات رؤوس التوجيه الذاتية .

تشير خبرة الأعمال القتالية إلى أنه يمكن استخدام الأهداف الكاذبة بنجاح لتغطية الطائرات ، السفن ، الدبابات ، الصواريخ ، الجسور ، القواعد البحرية الحربية ، المصانع وغيرها من المواقع عن الكشف الراداري . وتزيد فاعلية هذه الأهداف عندما تنخفض السطوح العاكسة الفعالة للمواقع ، التي نتوخى حرف الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الذاتية عنها . يعقد استخدام الأهداف الكاذبة مجتمعاً مع خفض الظهور الراداري ، الحراري والضوئي (اللايزري) للمواقع ، عمل العدو في كشف المعدات العسكرية والأهداف وتوجيه الأسلحة ضدها . تستخدم القوى الجوية للولايات المتحدة الأمريكية أهدافاً كاذبة من النماذج التالية .
SCAD ، «Green Kuel» ، «20–Fairobe» ، «Maxe–Decoy» 2–1 ، «Parpelg–Dekoy» وغيرها .

إن الهدف الخداعي نموذج «Fairobe–20» عبارة عن طائرة صغيرة ، مجهزة بمضخم معيد للإرسال ، يعمل على صمام الأمواج الراكضة وبعدسة ليونيبرغ بهدف زيادة مساحة السطح العاكس الفعال . طول الطائرة 7 م وفتحة الأجنحة 3,9م ووزنها 1000 كغ وسرعة طيرانها قريبة من سرعة الصوت . تشكل على شاشة محطة الرادار علامة مماثلة لعلامة الطائرة القاذفة .

إن الهدف الكاذب الجوي المستخدم في القوات الجوية الأمريكية نموذج SCAD (الشكل 42) ، مجهز بعواكس راديوية زاوية وبمرسل تشويش ويتميز بمساحة سطح عاكس فعال مماثلة لما تتميز به الطائرة القاذفة الاستراتيجية . طوله 4,3 م ، قطره 53 سم ، وزنه حوالي 800 كغ ، مدى عمله 1600 كم وسرعة طيرانه أقل من سرعة الصوت وتحمله طائرات من نموذج B–52 (20 صاروخ) ، B–1 (حتى 30 صاروخ) وFB–111 (20 صاروخ) .

أما الهدف الكاذب «Maxi–Decoy–1» ، الخاضع للتصميم فمجهز بمرسل تشويش استطاعته 90 واط ويعمل ضمن مجال ترددي من 500 حتى 1000 ميغاهيرتز . يحتوي النموذج المشابه للسابق «Maxi–Decoy–2» على مرسل تشويش استطاعة 250 واط تقريباً ، ويمكنه توليد تشويش تسديدي

بالتردد ضمن المجال من (4000 حتى 6000) ميغاهيرتز . إن هذه الأهداف الكاذبة مخصصة لتستخدمها طائرات الطيران التكتيكي F–4 ، F–15 وF–16.(تحمل كل منها 12 هدفاً كاذباً في حاضن واحد) .

صممت بريطانيا هدفاً كاذباً نموذج «Roston–LL» ،مجهزاً بعواكس للأمواج الكهرطيسية تعمل على المجالات الراديوية والمرئية وتحت الأشعة الحمراء . ويمكن أن يتم إطلاق هذه الصواريخ «الأهداف» من الطائرات من نماذج «Fykaner» و«Fantom» .

تتعلق فاعلية الأهداف الكاذبة بعددها وبإمكانيات وسائط التدمير . ويقدر احتمال إصابة الهدف المحمي بمثل هذه الأهداف الكاذبة بالمعادلة :

$$P_{m.}\ (n_{L.M.}) = 1\left[1\text{-}\left(P_1\ \frac{n_{iM}}{n_{iM}+n_{L.M}}\right)\right]^m:$$

حيث هنا : m ـ كمية القذائف (الصواريخ ، القنابل الجوية ، الطلقات) ، المستخدمة لحماية الهدف ؛ .

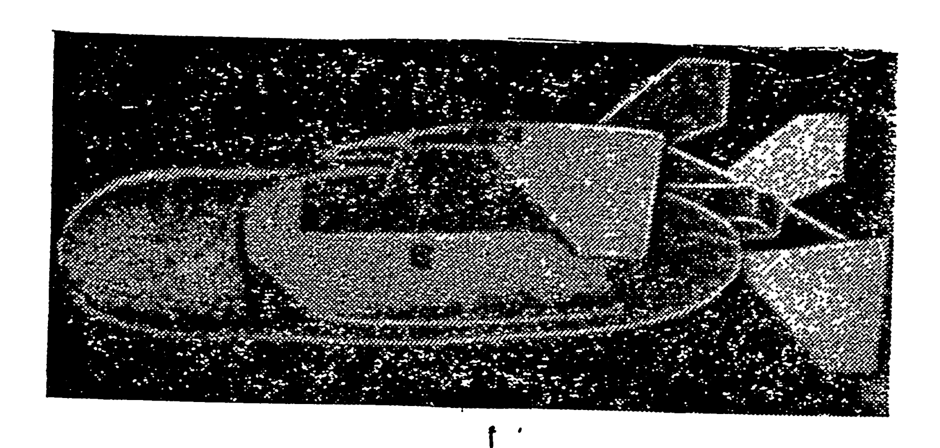
$N_{i.M}$ ـ عدد الأهداف الحقيقية ؛ .

P_1 ـ احتمال إصابة الهدف الحقيقي أو التقليدي باستخدام قذيفة واحدة .

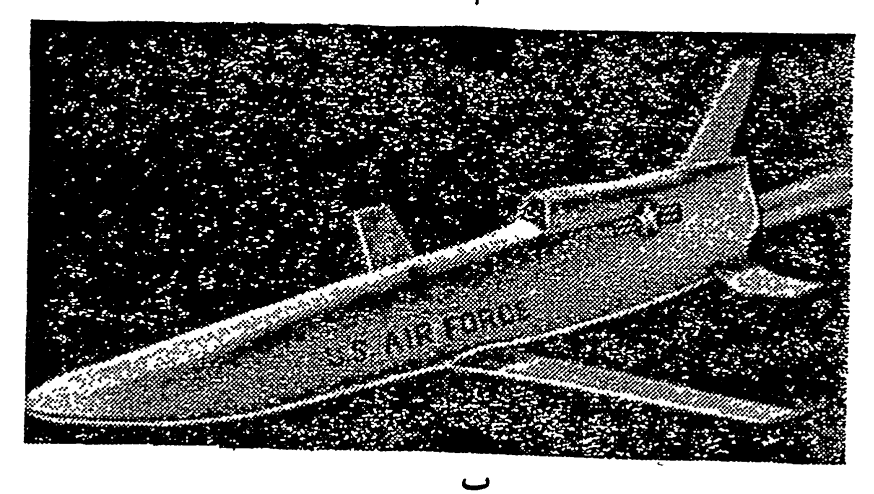
يبين الجدول رقم 1 احتمال إصابة الأهداف $P_m\ (n_{I.M})$ حسب عدد الأهداف الكاذبة $V_{I.M}$ وعدد القذائف (عندما يكون $P_1=0,5$) المستخدمة ، بعد استخراجها من المعادلة السابقة الذكر .

عدد الأهداف الكاذبة (قطعة)	احتمال تدمير الهدف (بصرف من 1ـ 4 قذائف) .			
	1	2	3	4
0	0,50	0,75	0,97	0,99
1	0,25	0,44	0,76	0,94
2	0,17	0,30	0,60	0,83
3	0,12	0,23	0,49	0,73
4	0,10	0,19	0,41	0,65
5	0,8	0,16	0,35	0,58
10	0,04	0,09	0,20	0,37

الجدول رقم /1/



أ



ب

الشكل (42)

الأهداف الكاذبة الجوية ، المجهزة بوسائط التشويش :

أ ـ «Green–Kuel» ؛ ب ـ SCAD .

ثانياً ـ المصائد المستخدمة ضد وسائط التدمير الموجهة .

إن المصيدة هي عبارة عن واسطة فنية تقلد هدفاً «موقعاً» على الوسائط الألكترونية الراديوية ، التي تقوم بتوجيه السلاح ، وتستخدم لإزاحة القذائف الموجهة عن الأهداف أو قطع دارة الملاحقة الأوتوماتيكية للهدف ، التابعة لمحطة الرادار . يجب أن تكون الإشارة المشكلة من المصيدة مماثلة

للإشارة ، التي يشكلها الهدف المراد حمايته بمواصفاته المختلفة (المطال ، الاستطاعة ، العرض وغيرها) .

يستخدم خليط الماغنيزيوم والفلور والكربون كمادة احتراق في المصائد ، وتبلغ درجة احتراقها 2000° مئوية . يستخدم في الغرب للتأثير المعاكس على الوسائط العاملة ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء ، مصائد أشعة تحت حمراء تستخدم مواد نارية تنصهر وتشتعل ذاتياً في الهواء ويستمر هذا الاشتعال لفترة لا تقل عن 6 ثانية .

تصنف المصائد حسب أسلوب الاستخدام إلى : موجهة ، مقطورة ومقذوفة (الشكل 43) .

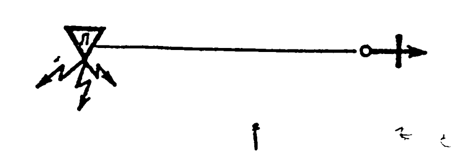
تتميز المصائد الموجهة بشكل صواريخ ذاتية الحركة موجهة وتحتوي على معيدات إرسال سلبية وإيجابية للطاقة الكهرطيسية .

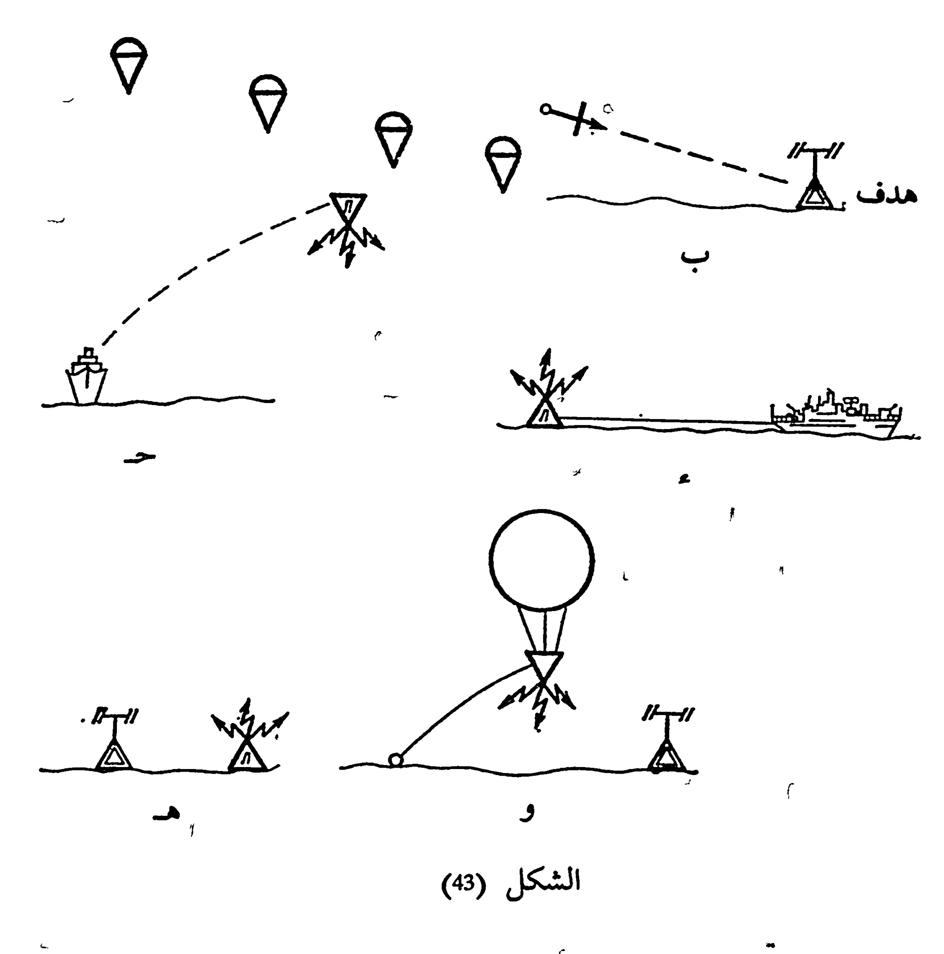
والمصائد المقطورة عبارة عن عواكس راديوية زاوية ذات شبكة معدنية سطحها العاكس الفعال أكبر من السطح العاكس الفعال للسفينة أو الطائرة المراد حمايتها .

أما المصائد المقذوفة فهي عبارة عن مشع إيجابي أو معيد إرسال سلبي للطاقة الكهرطيسية (الهيدروصوتية) . تستطيع الطائرات ، السفن والصواريخ إستخدام المصائد المقذوفة ، التي على شكل عواكس راديوية زاوية او عدسية ومضخمات معيدة الإرسال وصواعق نارية وصواريخ ضوئية وقنابل جوية وطوربيدات خطاطة وغيرها ، من التجهيزات العاملة على الأشعة تحت الحمراء . يكون تاثير المصائد الرادارية فعالاً ، إذا حدث أنه بعد إطلاقها (قذفها) لم يتم التمييز بين المصيدة والهدف الحقيقي بالمسافة ، بالاتجاه أو السرعة . ويجب أن يكون ابتعاد المصيدة عن الهدف بتلك السرعة ، التي تؤمن تَوَجُّه نبضات متابعة أنظمة الملاحقة الأوتوماتيكية للأهداف في محطات الرادار بالمسافة والسرعة وبعدها بالاتجاه إليها .

في الفضاء الهوائي ، يمكن استخدام مصائد من النماذج التالية : طائرات بدون طيار ، تجهيزات ذات قدرة على الطيران الذاتي ، صواريخ غير موجهة ، مناطيد ومظلات .

صممت شركة «بليسي» الانكليزية مصائد تعمل على الأشعة تحت الحمراء لحماية السفن . وبعد إطلاق هذا النموذج من المصائد ، تفتح المظلة للحد من سرعة السقوط . وفي لحظة ارتطام المصيدة بالسطح المائي تندفع منها عوامة نابضية تنحصر مهمتها في إبقاء مشعل الأشعة تحت الحمراء التابع للمصيدة بارزاً فوق سطح الماء . والأخير يستمر بإشعاع أشعة تحت حمراء خلال زمن قدره ست





الشكل (43)

طرق استخدام المصائد .

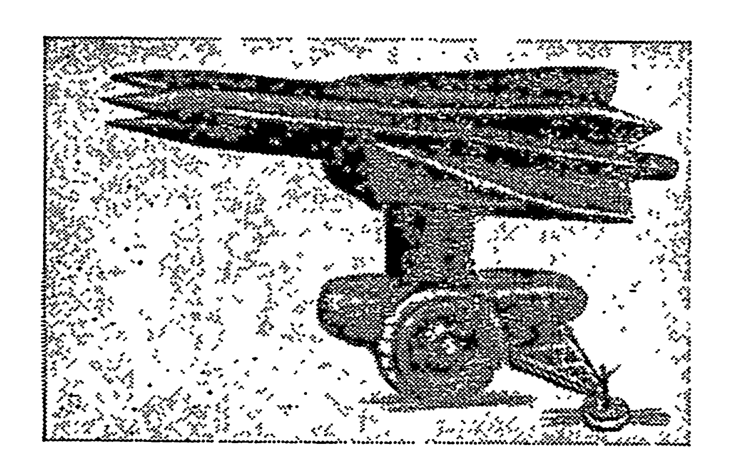
أ ـ مقطورة خلف الطائرة ؛ ب ـ مطلقة من الطائرات ؛ حـ ـ مطلقة من السفن ؛ مقطورة خلف السفينة على سطح البحر ؛ هـ ـ برية ؛ و ـ معلقة بمنطاد .

دقائق بطاقة تزيد عما يصدر عن السفينة . يستخدمون في الطيران مصادر إشعاعات تحت حمراء تعمل على الصواعق ، وتكون طاقة إشعاعاتها أعظمية ضمن مجال أطول الأمواج من 5 ميكرومتر وأعلى .

تستخدم المناطيد المطلية بطبقة رقيقة من مادة ناقلة للكهرباء (على سبيل المثال ، الألمنيوم) والتي تحتوي على عواكس راديوية زاوية للحماية الجوية الجماعية . تتميز هذه المناطيد ـ المصائد بسطح عاكس

فعال تتراوح مساحته من (2 حتى 10) م^2 ، ويتم إسقاطها في منطقة مسارات الطيران لإغراء الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الذاتية الرادارية وجعلها تتوجه إليها . ونظراً لأن المناطيد تتحرك بسرعة الريح ، وهذه السرعة تختلف عن سرعات الأهداف الجوية ، فإنها تصبح ضعيفة التأثير ضد محطات الرادار العاملة على الأثر الدوبلري ، لأن الأخيرة تستطيع تمييزها بسهولة . يمكن أن يكون شكل المصائد الأرضية مشابهاً لمصادر إعادة الإرسال القوية أو العاكسة لطاقة الأشعة الكهرطيسية . وعند نشرها على مسافة ما من الموقع المراد حمايته ، تستطيع إغراء الصواريخ الموجهة ذات مختلف أنواع رؤوس التوجيه الذاتية والتوجه إليها .

يعيرون في الجيوش الغربية أهمية كبيرة لاستخدام الماكيتات مختلفة النماذج لتقليد الأعتدة العسكرية ، الأمر الذي يوقع العدو بحالة ضياع . ويمكن أن تصنع هذه الماكيتات في المصانع أو يدوياً . لاقت الماكيتات المنفوخة ذات الوزن الخفيف والدرجة العالية من التطابق مع المواقع «الأهداف» الحقيقية ، استخداماً واسعاً . ففي الولايات المتحدة على سبيل المثال ، يصنعون ماكيتات مشابهة لمدافع الهوتزر والأسلحة المدفعية وعربات النقل وغيرها من المعدات العسكرية . أما في ألمانيا فيصنعون ماكيتات منفوخة للدبابات والطائرات وقواعد صواريخ م/ ط (الشكل 44) . تتميز الماكيتات بتلك المواصفات العاكسة ، التي تتميز بها الأهداف «المواقع» الحقيقية ، إن كان الإرسال يتم على مجالات الأمواج الراديوية أو الضوئية . ولهذا الغرض يطلون هذه الماكيتات بمواد ممعدنة أو معدنية إلى جانب طليهم لها بأصبغة تنكرية ، ويركبون في داخلها مصادراً للإشعاعات الحرارية . يعيرون في الغرب أهمية كبرى لاستخدام المواد الكيميائية ذات الرغوة في الماكيتات ، التي تسمح ، خلال وقت قصير ، تقمص الشكل الخارجي للعتاد أو الهدف المراد حمايته .



الشكل (44)

ماكيت ألماني منفوخ لتقليد قاعدة إطلاق صواريخ من طراز «هوك» .

الباب الخامس

التاثير على وسط انتشار الأمواج الكهرطيسية .

أولاً - ظروف انتشار الأمواج الكهرطيسية :

يمكننا خرق عمل الوسائط الألكترونية الراديوية بفاعلية عالية بتغيير ظروف انتشار طاقة الأمواج الكهرطيسية في طبقة الأيونسفير، قبل أي شيء آخر. تنعكس طاقة الأمواج الكهرطيسية جزئياً ويتخمد جزء آخر منها، أما اتجاه الانتشار فيتغير، وذلك اثناء عبور هذه الأمواج خلال المناطق المتأينة من الفراغ، حيث المسافة الوسطى بين جزيئات الوسط هي $d<\lambda$. يلاحظ الانعكاس والانكسار القوي في جميع الحالات، التي تكون فيها المواصفات الكهرطيسية للمناطق المتأينة (الناقلية النوعية الكهربائية ε_y، النفوذية الكهربائية σ والمغناطيسية μ)، مختلفة عن المواصفات الكهرطيسية للوسط، الذي تنتشر فية الأمواج الكهرطيسية. ويحصل الانحراف الأعظمي لاتجاه انتشار الأمواج، عندما تتألف المنطقة المتأينة من حيزات ذات مواصفات كهربائية مختلفة. ودون حساب أثر الحقل المغناطيسي للأرض وتردد اصطدام الألكترونات، فإن عامل انكسار الأمواج الكهرطيسية n في الوسط المتاين يتعلق بتردد الأمواج f وتركيز الألكترونات $N_э$ في وحدة الحجم :

$$n = \sqrt{1-8(N_э/f^2)} \;;$$

عندما يكون تركيز الألكترونات الحرة كبيراً، تنعكس كامل الموجة (n=o) أو تضعف قليلاً أو تنحني (تعوج) في الشريحة المتأينة.

تحقق الألكترونات الحرة للوسط، تحت تأثير الحقل الكهربائي للموجة الواردة اهتزازات اضطرارية بتردد، يساوي تردد الأمواج الواردة. وعادة، عند التأثير على الالكترون الحر في الأمواج الكهرطيسية، يرسل جزء من طاقتها إلى موقع التاثير على شكل طاقة اهتزازية. فإذا لم يفقد الألكترون طاقة اثناء اصطدامه مع جزيئات الهواء الخامدة كهربائياً (الذرات أو الجزيئات)، فإنه يشع إشارة مغناطيسية جديدة على ذلك التردد، الذي وردت عليه الموجة، ويبقى عملياً دون أي ضياع. إلا أنه، إذا كان تصادم الألكترونات كثيراً مع الجزيئات الخامدة، فإن جزءاً كبيراً من طاقتها يتحول

إلى طاقة حركة عشوائية ولا يعاد إرسالها . ونتيجة لذلك ، تتحول طاقة الحقل الكهرطيسي إلى طاقة حرارية للوسط وتحصل الإشارة على تخامد .

يحصل التخامد الأعظمي للأمواج الكهرطيسية على ارتفاع 70 كم تقريباً فوق سطح الأرض . يتم تأيين الهواء ، أي انتزاع الكترونات من الذرات الخامدة أو جزيئات من مختلف أنواع غازات طبقة الأوتموسفير ، وتحويلها إلى جزيئات ذات شحنة إيجابية ، في طبقة الأوتموسفير غير المضطربة ، تحت تأثير الإشعاعات المتأينة للشمس ، تشكل البروتونات وجزيئات ألفا والأنوية الثقيلة ، الداخلة في تركيب إشعاعات الشمس ، في طبقة الأوتموسفير الأرضية ، طبقة أيونسفيرية ، تتميز بكثافة عالية للالكترونات الحرة والأيونات الموجبة ، التي تخمد جزءاً من الطاقة أو تغير من اتجاه انتشار الأمواج الكهرطيسية .

ثانياً ـ الإشعاع المتأين والنبضات الكهرطيسية للانفجارات النووية .

يمكننا الحصول على تركيز كاف للألكترونات لتحقيق انعكاس وتخميد مناسبين لطاقة الأمواج الكهرطيسية أثناء حصول انفجارات نووية على ارتفاعات عالية ، وتسبب الأخيرة تأيناً في غازات طبقة الأوتموسفير . وايضاً أثناء احتراق العناصر المتأينة الخفيفة (على سبيل المثال ، جزيئات السيزيوم) . يحصل مثل هذا التأين تحت تأثير الإشعاعات ذات الجسيمات المتأينة ، التي تتالف من جزيئات عناصر سريعة الحركة (النيوترونات ، جزيئات ألفا وبيتا) ونتيجة تأثير الإشعاع المتأين (غاما وأشعة رينتجين) .

يصرف على تأيين غازات الهواء من 10% إلى 80% من طاقة الانفجار الذري المرتفع . يشكل الانفجار النووي ذي المكافىء التروتيلي ، الذي استطاعته 1 ميغا طن ، تلك الكمية من الألكترونات الحرة ، كالتي توجد في طبقة الأيونسفير الأرضية الطبيعية . ويتعلق مستوى الإشعاع الناتج عن الانفجار النووي ، الذي يمكن أن يؤثر على الوسائط الالكترونية الراديوية بطاقة الانفجار وكثافة الوسط المحيط وبالبعد عن مكان الانفجار وبأطوال الأمواج ، التي تعمل عليها الوسائط المستهدفة .

يرتفع مستوى التأين الناتج عن الانفجارات النووية كلما كان إرتفاع الانفجار أعلى ، لأنه في هذه الحالة تنخفض كثافة الجزيئات في الهواء ويصبح عدد اصطدامات الألكترونات الحرة بالأيونات قليلاً وبالتالي يصبح التعادل أقل نشاطاً . وتبقى كثافة الالكترونات عالية إلى تلك اللحظة ، التي

يؤدي فيها تاثير معدل التعادل بين الالكترونات والأيونات والتأثير المتبادل مع الجزيئات الخامدة إلى عودة الأمر إلى الكثافة الطبيعية للتأين . تشكل الانفجارات النووية على ارتفاع من (400–500) كم طبقة من وسط عالي التأين تصل سماكتها إلى 100 كم تقريباً . ولا تعود كثافة التأين إلى حالتها الطبيعية ، إلا بعد زمن طويل من حصول الانفجار النووي . فعلى سبيل المثال ، تعود كثافة التأين إلى حالتها الطبيعية ، عند حصول انفجار نووي استطاعته 1 ميغا طن ، في طبقة الأوتموسفير ، بعد عدة ساعات أو حتى المئة منها .

يشكل الإشعاع الناتج عن الانفجار النووي العالي في مناطق النقاط المقرونة مغناطيسياً (قطاعات متأينة في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي) ، نوراً شبيهاً للبلوج (الضياء) الشمالي . يشكل إشعاع الانفجار النووي المرتفع أيضاً أحزمة اشعاعية حول الأرض ، مشابهة للأحزمة الإشعاعية الطبيعية الموجودة ، وتحتل هذه الأحزمة آلاف الكيلومترات من الفراغ الفضائي القريب من سطح الكرة الأرضية .

إن الأحزمة الإشعاعية الراديوية الطبيعية (الداخلية والخارجية) عبارة عن مناطق داخلية من طبقة الماغنيتسفير الأرضية ، التي فيها تجذب الأرض الجزيئات المشحونة (بروتونات ، الكترونات ، جزيئات ألفا) ، التي تتميز بطاقة حركية كافية . يتعلق الحجم الذي تشغله الأحزمة الإشعاعية في الفراغ باستطاعة شحنة الانفجار وباحداثيات مركزه . وتحت تأثير الانفجار النووي ترتفع كثافة تيار الجزيئات المشحونة بشكل ملحوظ وذلك في أحزمة الإشعاعات الطبيعية . أما تركيز الالكترونات في الأحزمة الإشعاعية فلا يعود إلى حالته الطبيعية إلا بعد عدة ساعات أو مئة ساعة من حدوث الانفجار .

تُحدد الحالة التأينية لطبقة الأوتموسفير ظروف انتشار الأمواج الكهرطيسية . فعند ارتفاع التركيز الالكتروني تتغير سرعة الانتشار وشروط الانعكاس والانكسار والتخميد للأمواج ، الأمر الذي يؤثر بشكل جلي على عمل الوسائط الالكترونية الراديوية . وتخمد الأمواج الأكثر استطاعة في الشريحة المتأينة ، المشكلة بعد الانفجار النووي والتي تتطابق مع الشريحة D لطبقة الأيونسفير . تستطيع المناطق المتأينة اصطناعياً ، نتيجة تأثير الانفجار النووي على ارتفاع يزيد عن 60 كم ، خرق الاتصالات اللاسلكية وعمل الوسائط الالكترونية الراديوية ، الواقعة على مسافات كبيرة من مركز الانفجار .

تنتشر الأمواج الطويلة جداً إلى آلاف عدة من الكيلومترات ضمن ناقل موجي يشكله الحد الأسفل من طبقة الأيونسفير وسطح الأرض . تنعكس هذه الأمواج عن طبقة الأيونسفير ، حتى عندما تكون كثافة الالكترونات غير عالية ، لا تزيد عن 1000 الكترون / سم^3 . ويحدد مدى انتشار مثل هذه الأمواج بارتفاع الحد الأسفل لطبقة الأيونسفير ، الذي تنعكس عنه . أما التأين الإضافي الناتج عن

الانفجار النووي فيزيح الحد الآسفل لطبقة الأيونسفير إلى اسفل ، الأمر الذي يسبب تقصيراً لطول الطريق ، وبالتالي لمدى انتشار الأمواج الطويلة جداً . لكن ، بسبب أن هذا المجال من الأمواج يستخدم بشكل رئيس لا الأمواج المنعكسة بل الأمواج السطحية ، فإن أثر الانفجارات النووية يكون محدوداً على عمل الوسائط الالكترونية الراديوية التي تعمل ضمن هذا المجال . وبنفس الطريقة تنتشر الأمواج الراديوية الطويلة والمتوسطة ، لهذا نستطيع أن نقول أنَّ الانفجارات النووية لا تؤثر تقريباً على انتشارها .

أما الأمواج الراديوية القصيرة ، فبسبب انعكاساتها العديدة عن طبقة الأيونسفير ، تنتشر إلى مسافة تصل إلى عدة آلاف من الكيلومترات . وبما أن كل انعكاس يترافق بتخميد جزء من طاقة الموجة ، فإن الاتصالات اللاسلكية على الأمواج القصيرة ذات الأمواج السماوية (الفضائية) تُخرق بتأثير إشعاعات الانفجارات النووية نتيجة للتخميد الكبير والمتكرر التي تتعرض له وانعكاس الأمواج عن القطاعات المتأينة من طبقة الأوتموسفير . يؤدي تأين الهواء إلى تغيير بارتفاع الشرائح المتأينة لطبقة الأيونسفير ، الأمر الذي يسبب خرقاً للاتصالات اللاسلكية على الأمواج القصيرة ولزمن طويل . فعلى سبيل المثال ، أدت الانفجارات النووية التجريبية ، التي قام بها الأمريكيون فوق جزيرة جونستون في تموز عام 1962 إلى قطع الاتصالات اللاسلكية القصيرة الأمواج بين المحطات اللاسلكية المنتشرة على جزر هاواي وملبورن (أستراليا) لمدة تزيد عن 7 ساعات . ولعدة ساعات لم يتم هنالك أي التقاط لاتصالات ضبط الوقت في عدة نقاط من اليابان ، التي تصل من محطات الاتصالات اللاسلكية الموجودة في جزر هاواي . وقطعت الاتصالات اللاسلكية القصيرة الأمواج المقامة بين أستراليا ونيوزلندا الجديدة والساحل الغربي للولايات المتحدة زمناً طويلاً . وبما أنه تحت تأثير هذه الانفجارات النووية قطعت الاتصالات اللاسلكية القصيرة الأمواج بين طوكيو وكاليفورنيا لمدة 18 ساعة ، فإن عدداً من الطائرات التي كانت تقوم برحلاته الاعتيادية على خطوط المحيط الهادي أجبرت على الهبوط .

أما الانفجارات النووية التجريبية ، التي قام بها الأمريكيون في آب ـ أيلول عام 1958 ، على ارتفاعات (480–500) كم ، فنتج عنها منطقة إشعاع اصطناعي في الفراغ الفضائي المحيط بالأرض ، وهذا الأمر أعاق عمل وسائط الاتصالات اللاسلكية وأنواع معينة من محطات الرادار .

إن التأين المرتفع في مجالات الأمواج الراديوية القصيرة جداً ، الناتجة عن الانفجارات النووية لا تبدي أثراً فعالاً على عمل الوسائط الالكترونية الراديوية ، العاملة على الأمواج الأرضية ضمن مجال الرؤية الأفقية . لكن استطاعة الأمواج الراديوية القصيرة جداً تنعكس عن طبقة الأيونسفير ، الأمر الذي يتبعه حدوث تشويش متبادل بين الوسائط الألكترونية الراديوية إلى مسافة تصل حتى 1000 كم .

أما تأثير الانفجارات النووية على عمل محطات الرادار ذات المجال المتري ، فيظهر في الحد من

مدى عملها ، لأن طاقة الإشارات عند مرور الأمواج الراديوية خلال الشرائح المتأينة من طبقة الاوتـموسفير تخضع إلى تحميد قوي ، ولهذا لا ينعكس إلا جزء من طاقة هذه الإشارة إلى محطة الرادار (المصدر) ، وهذا ما يسبب عدم التحسس به أحياناً . ويؤدي الانعكاس عن المناطق عالية التأين إلى تشكيل تشويش على محطات الرادار وأنظمة الدفاع الجوي ، ويظهر نتيجة لذلك على شاشة جهاز العرض علامات ومضية ، مشابهة للعلامات المنعكسة عن الأغراض القريبة (المحلية) . إلى جانب ذلك ، يحصل تشويه بالمعلومات عن إحداثيات الأهداف نتيجة لاعوجاج جبهة الموجة ، لأنه في الحيزات المتأينة تختلف النفوذية الكهربائية والمغناطيسية عن مثيلتيها في الحيزات الطبيعية .

يؤثر التشويش الراديوي الكثيف ، الناتج عن الإشعاعات المتأينة للانفجارات النووية على الوسائط الراديوية الألكترونية في نقاط الربط المغناطيسي . يؤكد الأخصائيون الغربيون أنه إذا عرفنا خواص ومركبات حقل الأرض المغناطيسي ، يمكننا اختيار نقطة لتفجير الشحنة النووية في أحد نصفي الكرة ، وإعماء وسائط الكترونية راديوية في النصف الآخر من الكرة الأرضية ، نتيجة انزياح الجزيئات على طول خطوط القوى المغناطيسية إلى نقطة الربط . ولنفرض أنه وقبل إطلاق الصواريخ البالستيكية ذات المدى البعيد ، تم تفجير نووي ، فإن تيارات الجزيئات المشحونة تستطيع إعاقة محطة الرادار المضادة للصواريخ عن كشف الصاروخ أثناء طيرانه . وكما أشارت إليه التجارب ، التي أجرتها الولايات المتحدة الأمريكية ، فإن الانعكاس عن المناطق المتأينة يشكل تشويشاً قوياً على محطات الرادار في تلك الحالات ، عندما تكون إشعاعاته متجهة بشكل يتعامد مع خطوط القوى المغناطيسية الأرضية .

تستطيع إشعاعات الانفجارات النووية المرتفعة المتأينة إضعاف مميزات الأنظمة الراديوية الألكترونية وحتى أحياناً إخراجها من الجاهزية ، نتيجة للتبدل الذي يطرأ على الخواص الفيزيائية والكيميائية لعناصرها . وتحت تاثير الإشعاع الراديوي الإيجابي للانفجار النووي تتغير سعة المكثفات وقيم المقاومات ومواصفات العناصر نصف الناقلة والصمامات الالكترونية والغازية .

تتشكل نبضات كهرطيسية قصيرة ، عند حدوث الانفجارات النووية بالتوافق مع الإشعاعات المتأينة ، نتيجة التاثير المتبادل مع جزيئات هواء طبقة الأوتموسفير وأشعة غاما . تشع النبضات الكهرطيسية ضمن مجال عريض للأمواج الكهرطيسية ولفترة عدد من الميكروثانية ، وتتميز بكثافة عالية لتيار الاستطاعة يصل حتى 10^6 واط/ م^2 . تُحدث هذه النبضات بانتشارها في الهواء والأرض وخطوط الاتصال وخطوط نقل القدرة الكهربائية وأنابيب الغاز ، تيارات وجهود عالية . كما تُحدث تيارات في التجهيزات الهوائية وفي عناصر محطات الرادار . تستطيع هذه التيارات صهر الأسلاك والقضاء على العازلية وتخريب العناصر الكهربائية وأحياناً التأثير على الأطقم البشرية .

ثالثاً ـ مشكلات الايروزول

يمكننا تغطية الأعتدة والأهداف العسكرية عن الكشف بواسطة التجهيزات الالكترونية الراديوية بإضعاف شفافية الوسط المحصور بين وسائط السطع والأهداف المراد حمايتها نتيجة لاستخدام الستائر الايروزولية . إن الايروزولات عبارة عن جزيئات متناهية في الصغر لمواد مختلفة معلقة في الوسط الغازي ، التي حسب أبعادها وطبيعة حركتها تشكل دخاناً ، غباراً أو ضباباً . تحدث جزيئات الستائر الايروزولية انعكاساً وانكساراً وتخميداً لطاقة الأمواج الكهرطيسية ، الأمر الذي يعقد أو يبطل إمكانية كشف الأعتدة والأهداف العسكرية ضمن مجال الأمواج فوق البنفسجية (0,1–0,4 ميكرومتر) والمرئية (0,4–0,76 ميكرومتر) والمجال الأقرب من تحت الحمراء (0,76–1,5 ميكرومتر) .

تتشكل المشكلات الايروزولية من الفوسفور الأبيض والأحمر ، النفط ، مركبات كيميائية عضوية من الكربون والأكسجين ، الفينول (حامض الكربونيك) ، السيليكيوم على شكل قطران ، وغيرها من المواد ذات الجزيئات الصغيرة .

تنصهر الإيروزولات المشكلة من المواد السابقة الذكر في تيار الغازات الساخنة وتشكل أزواجاً عديدة في الهواء البارد أو طبقات رغوية تكون في حالة انعدام الوزن . تمتلك المواد المشكلة للدخان خواصاً تخميدة عالية ، تلك التي نحصل عليها من رباعي كلور التيتان . يتعلق قطر الغيوم الايروزولية بأنواع الجزيئات التي تركبها ويتراوح بين (1 إلى 100) ميكرومتر . ويعتبرون أنه لتشكيل غيمة ايروزولية ، تؤمن التخميد المناسب لإشعاعات الأمواج تحت الحمراء واللايزرية بمعدل 80 مرة ، من الضروري أن تنصهر على مساحة 600 م^2 كمية من الجزيئات الايروزولية وزنها 400 غ . وتستخدم هذه المشكلات لتغطية الوحدات العسكرية ، العتاد العسكري والأهداف عن الكشف البصري ـ الضوئي ، اللايزري وبواسطة الأشعة تحت الحمراء ، وصولاً حتى الكشف الراداري ، الذي تقوم به وسائط السطع وتوجيه الأسلحة .

يمكننا تشكيل الستائر الايروزولية بواسطة مولدات الايروزول ، الخرطوش ، الرمانات ،

الالغام ، قذائف المدفعية ، قنابل جوية وقواعد إطلاق القنابل . تؤمن مشكلات الايروزول ذات الشكل الستائري التمويهي الحماية الفردية والجماعية للعتاد العسكري والأهداف الأرضية ، البحرية والجوية والفضائية عن كشف الوسائط الراديوية الألكترونية وعن تدمير وسائط المدفعية أو الطيران أو الصواريخ المضادة للدرع .

فعلى سبيل المثال ، صنعت بريطانيا قواعد لإطلاق قنابل دخانية ثمانية أو اثنتاعشرية السبطانات ، وتستطيع هذه القواعد تأمين إطلاق الستائر الايروزولية للحماية الذاتية لعربات النقل العسكرية والدبابات من منظومات الصواريخ المضادة للدرع . يستخدمون في جيوش الولايات المتحدة لغرض تشكيل الستائر الدخانية قذائف نفاثة نموذج M259 . تحشا هذه القذائف بالفوسفور الأبيض والأحمر ، وانتشر استخدام المولدات الدخانية ، العاملة على الوقود الديزلي ، انتشاراً واسعاً ، وذلك من أجل تمويه العتاد العسكري والوحدات القتالية عن الجزء المرئي من مجال الطيف الكهرطيسي .

وبعد الحرب العربية ـ الاسرائيلية عام 1973 ، بدأوا في حلف الناتو العمل لإنتاج وسائط مشكلات ايروزول جديدة ضمن توجهات رئيسة ثلاثة : إنتاج وسائط وإبداع طرق تشكيل الستائر الايروزولية ؛ البحث عن أكثر المواد الايروزولية فاعلية ؛ تصميم أكثر الأنظمة أتمتة لتقييم نتائج استخدام الستائر الايروزولية . وهذا ما أدى إلى اتساع مجال استخدام المشكلات الايروزولية لاحقاً . إلى جانب استخدام هذه المشكلات لتمويه قوى ووسائط الأسطول عن الرؤية البصرية ، تستخدم للحماية من أسلحة الدقة العالية ، التي توجه من قبل المنظومات العاملة على الأشعة تحت الحمراء والتلفزيونية واللايزرية والرادارية . يعيرون الاهتمام الرئيس ، أثناء إنتاج المشكلات الايروزولية ، لسرعة (خلال عدة ثواني) تشكيل الستائر الايروزولية بالمستويين الأفقي والعمودي لحماية الأهداف الأرضية (البحرية) من الصواريخ الموجهة والقنابل الجوية ، التي تدار من قبل وسائط التوجيه البصرية ـ الألكترونية إلى الأهداف . أنتجت الولايات المتحدة الأمريكية وسائطاً لتشكيل ستائر دخانية عمودية بعرض من (180 إلى 300) م على ارتفاع يصل حتى 120 م وذلك لإعاقة عمل الطيران ضد مواقع صواريخ ومدفعية م/ ط . ويجب أن يتناسب لون الستائر الدخانية مع ألوان ظلال موقع الاستخدام . أما الاستمرارية الزمنية لتأثيرها فتصل إلى 30 ثانية .

ومنذ منتصف السبعينيات ، بدأوا في الغرب يركبون على الدبابات قاذفات قنابل دخانية متعددة السبطانات ، تستخدم القنابل ذات التركيب الدخاني على قاعدة الفوسفور الأحمر . تسمح مثل هذه القنابل تشكيل ستارة دخانية ارتفاعها يصل إلى 15 م وبقطاع 100 م تقريباً ، على بعد (20–50) م من الدبابة ولمدة (2–3) ثانية . أما أثرها الدفاعي فيحافظ عليه حسب سرعة الريح ولمدة تصل إلى (1–3)

دقيقة . وفي نفس الوقت ، ركبوا على الدبابة الأمريكية M1 «ابرامز» نظام دخاني حراري .

إن المركبات الدخانية المنتجة من جزيئات النفط ، مكعبات الكلور والايتان ، الفوسفور الأبيض والأحمر ، هي مركبات غير شفافة بالنسبة للوسائط البصرية ـ الضوئية ، العاملة على المجالات المرئية والقريبة من مجال الأشعة تحت الحمراء (0,76–1,5 ميكرومتر) ، ولأجهزة المراقبة البصرية ولأنظمة توجيه منظومات الصواريخ المضادة للدرع ولمقاييس المدى اللايزرية ومحددات الدلالة عن الأهداف اللايزرية . يتم حالياً إنتاج وسائط لتشكيل الدخان لا تمرر الأشعة الكهرطيسية ضمن مجال ترددي واسع . حيث أنتج في الولايات المتحدة الأمريكية قنبلة دخانية نموذج XM76 ، تسمح بإخفاء الدبابة ضمن مجال الضوء المرئي ومجال الأشعة تحت الحمراء . كما ينتج الآن ما يسمى بالايروزولات المعدنة الكثيفة ، مخصصة لتمويه الدبابات وغيرها من العتاد العسكري عن كشف الوسائط اللايزرية ومحطات الرادار العاملة ضمن مجال الأمواج الميليمترية . ولكي يستطيع الطاقم استخدام الدخان في الوقت المناسب وغيره من وسائط التمويه سريعة الأثر ، يركبون على الدبابات مستقبلات لرصد الأشعة اللايزرية وتحت الحمراء .

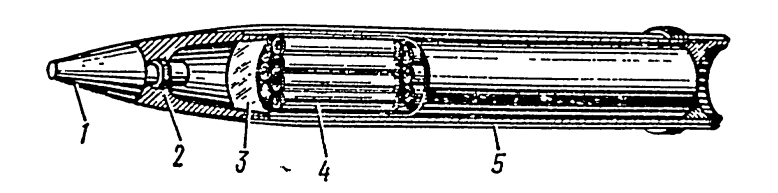
في بداية السبعينيات ، أنتج في أمريكا منظومات دخان حرارية للدبابات نموذج M60A1 خصيصاً ، تقوم هذه المنظومات بقذف وقود ديزل مصهور في تيار غازات عوادم المحركات . يتلامس الخليط الناتج مع الهواء ، ويكثف في نقاط متناهية الصغر بالحجم ويشكل ضباباً .

أنتجت بريطانيا قاعدة إطلاق قنابل دخانية نموذج VIRS ، مخصصة لتمويه المواقع المحصنة والحد من وضوحها في ساحة المعركة وذلك بتشكيل تشويش ضمن المجالات المرئية وتحت الحمراء ضد وسائط السطع وتوجيه الأسلحة . جرب النموذج الاختياري لهذه القواعد على دبابة «تشيلينجر» ، وهو يتألف من 12 وحدة كاسيتات في كل منها 20 سبطانة ، ولوحة تحكم ومولد كهربائي لتغذية دارات صهر شحنات القنابل . تشكل الستارة الدخانية انفجارات متسلسلة للقنابل في الهواء على مسافة 25 م من الدبابة . وبالنتيجة تتشكل حيزات عالية الحرارة ، تحد من فاعلية المنظومات العاملة على الأشعة تحت الحمراء .

كما صنع في بريطانيا نظام إطلاق صواريخ نارية نموذج MBS–III ، يتمكن من التشكيل السريع للستائر الدخانية لإخفاء العتاد العسكري عن المراقبة البصرية والمراقبة من قبل الوسائط العاملة على الأشعة تحت الحمراء ضمن المجالي (3–5) و(8–14) ميكرومتر . وعند انفجار الصاعق في الهواء أو على الأرض ، تتشكل خلال 5 ثانية بستارة دخانية ارتفاعها حوالي 5م ، يبقى أثرها حوالي 80 ثانية .

في الولايات المتحدة الأمريكية ، يجري الآن عمل مستمر لإنتاج قذائف دخانية مدفعية . حيث

تم إنتاج قذيفة هوتزر عيار 155 مم نموذج XM825 ، تحتوي على 140 عنصر دخاني من الفوسفور ، التي عند انفجارها توزع أجزاءها إلى مساحات متساوية ، مشكلةً ستارة دخانية تستمر من (4-6) دقيقة . تم تجهيز القذائف المدفعية الدخانية الجديدة (الشكل 45) بعناصر مشكلة للدخان (من 30 قطعة في النموذج XM761 إلى 140 قطعة في النموذج XM825) من الفوسفور الأبيض والأحمر ، ونوع من الأقمشة يؤمن استمرارية الدخان حتى 6 دقيقة .



ألشكل (45)

القذيفة الدخانية المدفعية XM761 عيار 155 مم .

1 ـ مفجر ؛ 2 ـ شحنة ؛ 3 ـ صفيحة ؛ 4 ـ عنصر الدخان ؛ 5 ـ مُوجِّه

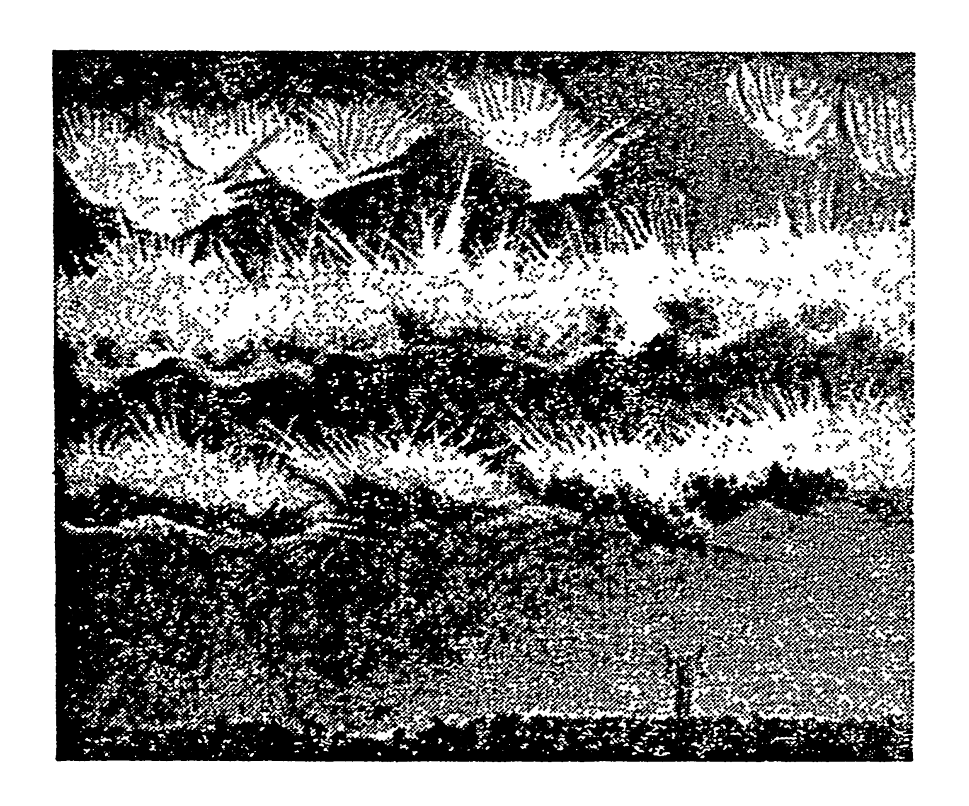
يتم الآن ، إنتاج مواد مشكلة للايروزول للحد من فاعلية أسلحة الدقة العالية ، التي تحتوي على وسائط كشف وتوجيه تعمل على المجالات البصرية ، تحت الحمراء والرادارية .

يستخدمون في فرنسا ، لحماية سفن السطح من الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الذاتية العاملة على الأشعة تحت الحمراء ، نظاماً يطلق صواريخاً غير موجهة مع تجهيزات تشكل ، خلال عدة ثواني ، غيمة إيروزولية طويلة .

كما تجري الآن البحوث لإنتاج ستائر دخانية لحماية الطائرات . إذ يدخلون إلى حجرة النفث في المحركات مادة تختلط مع الغازات الخارجة ، مشكلة بلازما ، تحد من طاقة الشعاع اللايزري لرؤوس التوجيه الذاتي للصواريخ المضادة للطائرات .

في الأعمال القتالية ، يشكلون ستائراً دخانية عمودية وأفقية بواسطة الوسائط الايروزولية . ولحماية العتاد العسكري والأطقم من الضربات الجوية ، يتم تشكيل ستائر دخانية على ارتفاع يتراوح بين (30 إلى 120) م فوق سطح الأرض (انظر الشكل 46) .

تستطيع الستائر الايروزولية الأكثر فاعلية إخفاء المواقع ، إذا استخدمناها سوية مع وسائط التمويه الأخرى والتشويش الألكتروني .



الشكل (46)

تشكيل ستارة دخانية أفقية بواسطة الصواريخ الدخانية .

الباب السادس

خفض ملحوظية الأعتدة والمواقع العسكرية

تعتبر عملية تصميم الطائرات والصواريخ والسفن والدبابات قليلة الملحوظية بالنسبة للوسائط الالكترونية الراديوية عملية صعبة . وهنالك فقط إمكانية للإقلال من إمكانية كشفها من قبل وسائط السطح الالكترونية الراديوية ، إذا طليناها بمواد ماصة (مخمدة) لطاقة الأمواج الكهرطيسية واستخدمنا أشكالاً ذات قدرة عاكسة ضعيفة . إلا أنه يمكننا الوصول إلى نتيجة ملموسة للحد من إمكانية الرؤية الراديوية في تلك الحالة فقط ، عندما نستطيع تخفيض مساحة السطح العاكس الفعال للأهداف .
وإن خفض مساحة السطح العاكس الفعال بـ16 مرة يُنقص مدى الكشف الراداري إلى مرتين فقط :

$$D_{det} \approx K.\sqrt[4]{\mathfrak{S}_{M}};$$

ومن الصعوبة التوصل إلى خفض مقدرة الطاقة الكهرطيسية على الانعكاس لسبب آخر ، وهو أنه لا يكفي إخفاء العتاد العسكري عن كشف الوسائط الراديوية الالكترونية العاملة على موجة واحدة فقط ، بل ضمن مجال واسع من الأمواج . وعلى الرغم من ذلك ، يعتبر أسلوب خفض مساحة السطح العاكس الفعال للأهداف من أحد الأساليب العملية لتغطية وإخفاء الأهداف عن كشف الوسائط الالكترونية الراديوية ، لأنه في هذه الحالة نحتاج إلى استطاعات منخفضة لمرسلات التشويش وكمية أقل من العواكس الراديوية والمصائد .

أولاً - المواد المخمدة (الماصة) الراديوية .

إن المواد الماصة الراديوية عبارة عن مواد لا معدنية ، تؤمن عند تعاملها مع الأمواج الكهرطيسية تخميداً وانعكاساً وبعثرة لطاقاتها . وحسب مبدأ العمل ، تقسم هذه المواد إلى تدريجية وتداخلية .

إن المواد (الماصة) التدريجية عبارة عن نافذات كهربائية تتشكل من قاعدة ومُذَّخِر . تؤمن هذه المواد التغير الانسيابي أو المتدرج لسماكة مجموع النافذيات المغناطيسية والكهربائية . ولصناعة القواعد يستخدمون القماش المزجج . البلاستيك وأنواع مختلفة من الكاوتشوك . أما المذخرات فمنها المغناطيسية (خليطة من النيكل والزنك ، الفيريت ، مسحوق من الحديد المكربن) ولا مغناطيسية (مسحوق من الغرافيت ، سناج الفحم والاسيتولين) . تخمد هذه الأغطية جيداً طاقة الأمواج الكهرطيسية ، إذا كانت متوافقة مع الفضاء الحر ، أي إذا كانت المقاومة الموجية بين حدود الغطاء والفضاء الحر مساوية للمقاومة الموجية للفضاء الحر . نتوصل إلى هذا التوافق ، حينما نصنع هذه الشريحة من مادة ذات نفوذية كهربائية ومغناطيسية قريبة من الواحد . وتزيد المقدرة على التخميد

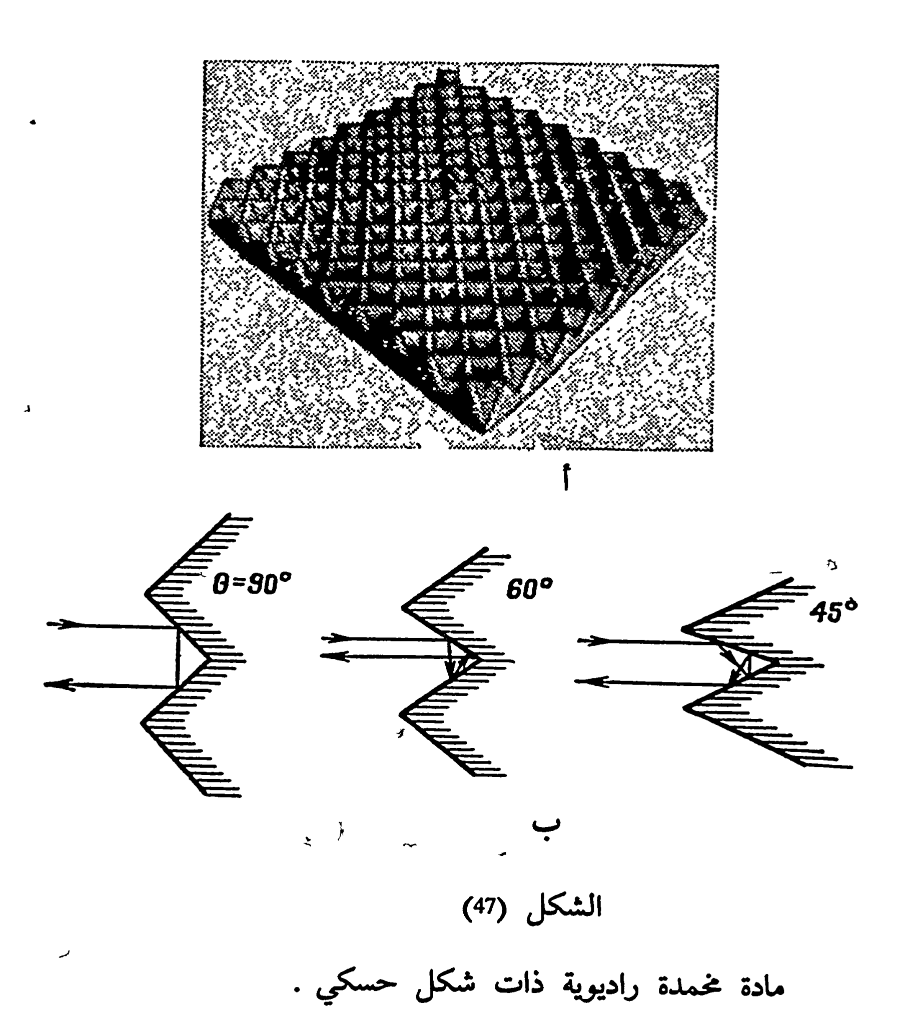
(الامتصاص) إذا كان تركيز المادة في المذخر يرتفع كلّما ابتعدنا عن السطح الخارجي واقتربنا من القاعدة . ونحصل على ذلك إذا تشربت القاعدة بالمادة الماصة أو وضعنا في المذخر عدة طبقات (شرائح) ، يتزايد تركيزها بشكل متدرج .

يوسع ، استخدام أغطية ذات شرائح متعددة ، المجال الترددي الذي تؤثر فيه . ولكي لا يحدث على حدود الشرائح انعكاسات معيقة ، يجب أن لا يسمح بالتغيير السريع للقيم ع وبلم أثناء الانتقال من شريحة إلى أخرى ، وأيضاً من السطح الخارجي إلى الغطاء (الستار) . تحدد سماكة الغطاء مجال الترددات ، التي يحدث فيها تخميد للطاقة . تتشكل الشريحة الفوقية (الدخلية) عادة من مواد تمتلك نفوذية كهربائية ، مقاربة للواحد ، وذلك لتأمين توافق مع المواصفات الكهربائية للفضاء الحر . وللحد من كثافة الانعكاس ، يصنعون السطح الخارجي من الغطاء (الستارة) عادة على شكل حسكات تتميز بشكل مخروطي أو هرمي (الشكل 47) . ففيها يتم تخميد طاقة الأمواج الكهرطيسية بفاعلية بعد أن تنعكس مراراً عن سطوح الحسيكات وتتلامس مع الغطاء . تستطيع بعض أنواع الستائر ذات الشكل الحسكي خفض كثافة انعكاس طاقة الأمواج السنتيمترية الكهرطيسية حتى 90% وأكثر . فأحد نماذج الستائر الأمريكية المصنع من ألياف زجاجية بسماكة 12,7 مم يصل تخميده للطاقة الواردة حتى 99% ضمن مجال موجي يتراوح بين (1-77) سم . تتمتع هذه الستائر بمرونة عالية ، وهي مقاومة للحريق ولا تتأثر كثيراً بالعوامل الطبيعية . أما الستائر (AF) ، المنتجة في بريطانيا على قاعدة من خليطة الكاوتشوك المسامي والغبار الفحمي (سناج) ، فتتميز بعامل انعكاس ضمن المجال الترددي السنتيمتري لا يزيد عن 6% . يمكننا تغطية (إخفاء) المواقع الثابتة بمواد ماصة (مخمدة) من حصر شعرية مشبعة (مغمسة) بخليط من النيوبرين (نوع من الكاوتشوك) وسناج فحمي ناقل للكهرباء . تصنع المواد الماصة من الصوف المخلوط بالحديد ونثار الخشب أو برادة الحديد . تنعكس طاقة الأمواج الكهرطيسية عن جزيئات الحديد أثناء اختراقها للستارة ، أما الصوف فيقوم بتخميدها . تخفض هذه المواد ، المصنوعة على شكل حصر ذات سماكة (40-50) مم ، طاقة الإشارة المنعكسة عدد من المرات يتراوح بين (20-50) مرة .

أما الأهداف القليلة الحركة والثابتة والمنشآت (السفن ، الجسور) فيمكن إخفاءها عن طريق خفض مساحات سطوحها العاكسة الفعالة بواسطة ستائر ماصة عريضة المجال الترددي مصنعة من كاوتشوك مسامي مخلوط بغبار فحمي (سناج) أو من البلاستيك المطلي بالفحم . تتميز هذه الستائر بسطوح خشنة ، الأمر الذي يحد من تأثير زاوية ورود الأمواج على كثافة الانعكاس . ويصل عامل عكس هذا النوع من الستائر إلى 1% بالاستطاعة .

يمكننا تمويه بناية عن السطع الراداري ، بطلي جدرانها الخارجية بإسمنت مسامي ذي شوائب

من الغرافيت أو بمادة بنائية متعددة الطبقات مسامية فيها أنوية من (الرمال ، قطع من الحصاء ، الغرافيت) . يجب أن تتناقص أبعاد الأنوية كلما ابتعدنا عن السطح الخارجي واقترينا من الداخلي من (20 حتى 1) مم . يتم امتصاص الطاقة الكهرطيسية فيها في البداية على الشريحة الخارجية . أما الأمواج التي تستطيع الوصول إلى الشريحة الثانية فتخمد جزئياً وتتكسر وتنعكس بالاتجاه المعاكس . أما الشريحة الثالثة ذات الأنوية الصغيرة فتعكس طاقة الأمواج الكهرطيسية ، لكنها تمتص وتتخمد في طريق العودة بمرورها خلال الشريحتين ذوات الأنوية الكبيرة .



الشكل (47)

مادة مخمدة راديوية ذات شكل حسكي .

أ ـ الشكل الخارجي ؛ ب ـ لتوضيح مبدأ انعكاس طاقة الأمواج الراديوية

تتركب الستائر التداخلية من شرائح متتابعة ذات نفوذ كهربائي (لدائن البلاستيك ، الكاوتشوك) وأشرطة من مواد ناقلة للكهرباء . يتم فيها ، أثناء ورود أمواج كهرطيسية منبسطة إلى سطوح الشرائح الناقلة للكهرباء ، ونتيجة لركوب الأمواج المنعكسة على الواردة ، ظهور أمواج منتصبة في النافذ الكهربائي . فإذا كانت سماكة النافذ الكهربائي أكبر من ربع طول الموجة الواردة

بعدد فردي من المرات ، والمقاومة الموجية للشريحة مساوية للمقاومة الموجية للفضاء الحر ، فإنه لا يتم أي انعكاس لطاقة الأمواج الكهرطيسية .

وبما أن مواصفات الستائر التداخلية مرتبطة بطول الأمواج الواردة ، فإن أثرها فعالاً ضمن مجال محدود من الأمواج الراديوية . يؤدي إدخال ستائر مصنوعة من الفيريت المغناطيسي بشوائب من السناج إلى الستائر التداخلية ، إلى أن تصبح الأخيرة ليست ذات أثر تداخلي فقط بل ذات آثار امتصاصية (تخميدة) أيضاً . ولزيادة عرض مجال الترددات العاملة للستائر التداخلية ، يصنعون ستائراً متعددة الطبقات (الشرائح) . وفي الأخيرة يزيد تركيز المادة الماصة من شريحة إلى أخرى . ونتيجة ذلك يزيد عرض مجال الترددات العاملة من (3–4) مرة . يكون أثر هذه الستائر أكثر فاعلية عند الورود الطبيعي للأمواج ، وعندها يتم تخميد الطاقة الكهرطيسية عدداً من عشرات المرات . وعند ورود الأمواج من اتجاهات أخرى ، تنخفض كثافة التخميد كثيراً .

لاقت المواد الخزفية الفيريتية ذات مجال الامتصاص الواسع ، استخداماً كبيراً . تتميز الستائر المصنوعة من هذه المواد بسماكات صغيرة وثبوتية عالية أمام التغيير المفاجىء والسريع في ظروف الوسط المحيط . فعندما تكون سماكة الشريحة الفيريتية 0,83 سم ، لا يزيد عامل انعكاسها عن 10% ضمن المجال الترددي من (30 إلى 300) ميغاهيرتز . وهنا يجدر القول أن الشركة الأمريكية «أميرسون كامينغ» صنعت مادة عريضة المجال الترددي من الكريمي المرن ذي الرغوة العضوية ، وصل عامل انعكاس طاقة الأمواج الراديوية فيها إلى 2% بالاستطاعة وهي قادرة على العمل ضمن مجال حراري قدره ±260° مئوية . أما النموذج الآخر من الستائر «ايكوسورب 269E» ، الذي صنعته الشركة السابقة الذكر فيتألف من خليط من الفيريت الناعم والمشتت الماص ومادة لاصقة على قاعدة لواصق الكاوتشوك ، فيتميز بعامل تخميد قدره 20 ديسيبيل/ سم على التردد 3 ميغاهيرتز و63 ديسيبيل/ سم على التردد 8,6 قيغاهيرتز . تصنع المواد الماصة الراديوية الجديدة ذات عامل الامتصاص العالي من قبل أمريكا واليابان معاً باستخدام مذخرات معدنية على شكل مساحيق وبلورات الحديد ويتم تركيبها على اقمشة ذات نفوذ كهربائي بواسطة اللواصق أو اللدائن البلاستيكية ، أو أربطة مطاطية تحتوي على شوائب من الكريمي .

في ألمانيا الغربية ، صنعت شركة «الترو» ستائر ماصة من لدائن البلاستيك من النوع التداخلي ، تتركب من شريحة (طبقة) مزيجة للطور ، والتي ركب عليها شرائح ماصة وأخرى عاكسة .

يمكننا استخدام الشباك المعدنية كستائر تداخلية ، تُسدل على مسافة ربع طول الموجة عن الهدف المراد تمويهه ، أو عن القماش ذي النفوذ الكهربائي ، الموضوع على سطح معدني . تحدد سماكة هذا القماش بالمعادلة :

$$b = \lambda/4(2n+1).\sqrt{\varepsilon};$$

حيث هنا : ε ـ النفوذية الكهربائية للقماش .
أما مقدار الخسارة في النفوذ الكهربائي للقماش فيعطى بالمعادلة :

$$\beta = \ell_n (1/\rho);$$

حيث هنا β ـ عامل تخميد طاقة الأمواج الكهرطيسية أثناء مرورها المزدوج خلال شريحة النافذ الكهربائي .

ρ ـ عامل انعكاس طاقة الأمواج الكهرطيسية بالمطال عن الحد الفاصل بين الفضاء الحر وسطح شريحة الستارة ذات النفوذ الكهربائي .

تستخدم ستائر مشابهة للتمويه عن الكشف الراداري ، للتجهيزات التي تؤمن عمل المحركات تحت الماء وبيرسكوبات الغواصات وغيرها من الأهداف .

أما العيوب العامة للمواد الراديوية الماصة ، التي تحد من استخدامها لتمويه الأعتدة العسكرية فهي : المجال الضيق نسبياً والوزن الكبير . لهذا يسدلونها بشكل رئيس على تلك الأجزاء من الأعتدة العسكرية ، التي تتميز بقابلية أكبر على عكس طاقة الأمواج الكهرطيسية . سميت هذه الأجزاء بالنقاط اللامعة . وتنتمي إليها على سبيل المثال : نقاط التوصيل ، الأضلاع الناتئة ، التي تؤثر كما العواكس الراديوية ، الحواف الحادة ، السطوح الكبيرة ذات الميلان المحدود (سطح السفينة ، الجزء السفلي من هيكل الطائرة) . وعادة ما يستخدمون المواد الماصة الراديوية لتمويه الصواريخ وسفن الفضاء والسفن البحرية والغواصات عن الكشف الراداري .

صُنعت في بعض الدول مواد خفيفة الوزن ، تحول الطاقة الكهرطيسية إلى طاقة كيميائية . ففي ألمانيا الغربية صنعوا قماشاً ماصاً راديوياً ذي هيكل شبكي متعدد الشرائح . أما خلايا هذا القماش فتحتوي على مساحيق من الغرافيت مع مواد لاصقة . يتألف القماش من ثلاث أو خمس شرائح ذات خلايا مختلفة المقاييس . وتستخدم شباك التمويه ، المصنوعة من هذا القماش ، لإخفاء (تمويه) العتاد العسكري ومقرات القيادة وغيرها من الأهداف .

كما تدخل العناصر الراديوية الماصة في تركيب شباك تمويه خوذ الأطقم البشرية .

تخفض بعض أنواع المواد الماصة كثافة انعكاس طاقة الأمواج الكهرطيسية لا الراديوية فقط بل الضوئية أيضاً ، الأمر الذي ينقص احتمال كشف وتدمير الأعتدة والأسلحة العسكرية من قبل

الوسائط ذات التوجيه البصري والبصري ـ الالكتروني .

تجري اليوم أعمال في بعض الدول لرفع القدرات الامتصاصية ، وزيادة عرض مجالات الأمواج العاملة وإنقاص أوزان وزيادة متانة وثبوتية فاعلية المواد الماصة رادارياً في ظروف الحرارة العالية ، التي نلاحظها أثناء طيران الصواريخ والطائرات . وتستطيع المواد الماصة الأكثر حداثة امتصاص حتى 99,9% من استطاعة الأمواج الراديوية الواردة .

يستخدمون في الوحدات العسكرية ستائر تمويهيةً تتميز بانعكاس انتشاري لطاقة الأمواج المرئية والأشعة تحت الحمراء ، أما الأعتدة العسكرية فيطلونها بمركبات خافضة التباين عن ظلال سطح الأرض أو السماء ، الأمر الذي ينقص مدى كشفها البصري أو الضوئي بحدود 30% .

يستخدمون العباءات الخداعية ذات الطلاء التنكري ، كنماذج تستخدمها الأطقم البشرية في ساحة المعركة ، التي تحد من مدى كشفها لا بواسطة تجهيزات الكشف البصري ـ الضوئي بل من قبل وسائط السطع العاملة على الأشعة تحت الحمراء . توصلوا في الغرب في طريقة الطلاء التنكري للعتاد العسكري إلى استخدام ثلاثة ألوان (الأخضر ، البيج والأسود) ، التي تؤمن خفض احتمال الكشف البصري ـ الضوئي بالمقارنة مع استخدام اللون الواحد إلى (1,5–2) مرة . يدخلون في صناعة شباك التمويه مواداً خافضة لمدى كشف الوسائط العاملة على الأشعة تحت الحمراء . وتُتخذ تدابير الوقاية الجماعية للأهداف (المواقع) عن سطع تجهيزات الكشف وتوجيه الأسلحة البصرية والعاملة على الأشعة تحت الحمراء نتيجة استخدام شباك التمويه وغيرها من أنواع الستائر .

يطلون المواقع والأبنية المختلفة لإخفائها عن السطع البصري ـ الضوئي بذلك الشكل الذي لا يمكنك أن تميز خصائصها إذا سطعتها من الأعلى . تختبر فاعلية مجموع التدابير التمويهية بواسطة أنظمة حاسبة مؤتمتة ، تُدْخَلْ إليها المعلومات عن إمكانيات مختلف وسائط السطع الفنية (الرادارية ، الحرارية ، البصرية ـ الضوئية) للعدو ، وطرق تمويه وتغطية الأهداف وظروف الطقس أيضاً .

ثانياً ـ اختيار الأشكال والحجوم الأقل عكساً للأعتدة والأهداف العسكرية .

يحددون مساحة السطوح العاكسة الفعالة لمختلف الأهداف بشكلها الهندسي وبمواصفات سطوحها العاكسة الكهرطيسية وبتناسب مقاييسها مع طول موجة الوسائط الالكترونية الراديوية وبالتموضع النسبي بين الهدف والواسطة التي ترسل إليه الأشعة . يتميز الشكل المخروطي بأقل

سطح عاكس فعال ، عندما نسلط إشعاعات راديوية على قمته . أما السطوح المسطحة فتمتلك سطوحاً عاكسة فعالة كبيرة ، تتناسب طرداً مع مساحته الفعلية وعكساً مع مربع طول الموجة .

$$\mathfrak{S} = (4\pi/\lambda^2)\ S^2;$$

تتميز الأعتدة والأهداف العسكرية بتصاميم معقدة الأشكال . والإشارة المنعكسة عنها عبارة عن المحصلة الشعاعية للحقول الكهرطيسية Ei(t) ، المشكلة من قبل عناصرها المكونة وفتحة هوائي الواسطة الالكترونية الراديوية على مسافة قدرها r :

$$E_{\Sigma(t)} = \sum_{i=1}^{N} E_i(t).\ e^{j\frac{2\pi}{\lambda} ri};$$

تقدم النقاط اللامعة التي شكلها يشابه شكل العواكس الراديوية مساهمة أعظمية في تشكيل المحصلة الناتجة لتوتر حقل EΣ الإشارات المنعكسة باتجاه الواسطة الآلكترونية الراديوية . ويمكننا التوصل إلى خفض ملحوظية مختلف الأهداف باختيار ذلك الشكل لها ولعناصرها ، الذي عنه تنعكس طاقة الأمواج الكهرطيسية باتجاهات مختلفة لا تتوافق مع اتجاهات الورود ، كالكرة والمخروط مثلاً ، وهذا ما يؤدي إلى انخفاض مساحة السطح العاكس الفعال إلى مرات عدة . فعلى سبيل المثال ، إذا تميز عاكس راديوي وصفيحة مساحتها 1م² ، ضمن مجال الأمواج السنتيمترية ، بسطح عاكس فعال قدره 1250 م² فإن السطوح العاكسة لمخروط وكرة بمثل هذه السطوح (0,3 و1,0) م² حسب التسلسل . يسمح لنا تبديل الوصلات الزاوية بوصلات إهليلجية خفض السطح العاكس الفعال لهذا العنصر حتى 1000 مرة تقريباً . وللحد من مستوى انعكاس طاقة الأمواج الكهرطيسية ، يستبدلون السطوح المنبسطة بسطوح مضلعة ، تُحول عملية الانعكاس المرآتي باتجاه الورود إلى انتشار في اتجاهات عديدة . إلى جانب ذلك ، فإن مختلف عناصر العتاد العسكري التي تتميز بسطوح عاكسة فعالة كبيرة (على سبيل المثال ، شفاطات الهواء في الطائرة ، عوادم المحركات ، هوائيات محطات الرادار) ، تُستر بسطوح ناقلة مائلة .

ثالثاً ـ إنقاص كثافة إشعاع الأمواج الكهرطيسية عن الأهداف

من المعروف أن أي عتاد عسكري أو سلاح أو غرض ، تزيد درجة حرارة جسمه عن الصفر المطلق (‎-273°C‎) ، يعكس طاقة الأمواج الضوئية الواردة إليه ويطلق طاقة أشعة ضوئية ومرئية وتحت حمراء وفوق بنفسجية . إلى جانب ذلك ، يصدر عن الأغراض المحلية ، الأرض وطبقة الأوتموسفير طاقة حرارية . تتعلق كثافة الإشعاع وطيفه بخواص الهدف (الموقع) ودرجة حرارته . وحينما نستقبل أو نحول أو نعكس الاشعاعات الحرارية (تحت الحمراء) للأهداف وللظلال ، يمكننا الحصول على شكلها المرئي ، أما مكانها فنحصل عليه بواسطة مقياس المسافة أو محدد الاتجاه الحراري أو جهاز العرض الحراري . يسمون عملية سطع الأهداف عن طريق إشعاعاتها الراديوية الحرارية بالسطع الحراري الراديوي . تستطيع الصواريخ وقذائف المدفعية والقنابل الجوية ، المجهزة برؤوس توجيه لايزرية أو حرارية التوجه إلى مصادر الأشعة الضوئية أو إلى الأهداف إن كانت اصطناعية أو طبيعية .

تعتبر الصواريخ أكثر مصادر الطاقة الحرارية إشعاعاً من ضمن الأعتدة والأسلحة العسكرية ، ويشاركها في هذه الميزة الطائرات والسفن والدبابات .

ولهدف إخفاء (تغطية) الأعتدة العسكرية والأهداف عن كشف الوسائط البصرية الالكترونية وحمايتها من تدمير مختلف أنواع القذائف ، المجهزة برؤوس توجيه بصرية ـ ألكترونية ، يقدمون على خفض مستوى الاشعاعات الصادرة منها أو المنعكسة عنها . ونستطيع خفض استطاعة الاشعاعات الحرارية الصادرة عن الأعتدة العسكرية بالتبريد والحد من أطوال أبعاد السطوح الإشعاعية ، باستخدام الستائر والجوانات الحرارية اللايزرية ، وستائر الوقاية الحرارية ، عن طريق وضع حواجز شبكية أمام تيارات دخان العوادم وإضافة مواد معينة إلى الوقود .

يصنفون ستائر الحماية الحرارية حسب تركيبها وخصائصها إلى : ستائر قاسية ، متوسطة القساوة وشفافة . يستخدمون ستائر الوقاية الحرارية المصنعة من لدائن الزجاج ولدائن الفحم ولدائن الحرير الصخري لحماية السطوح الخارجية للأهداف . تستخدم الستائر متوسطة القساوة المصنعة من مواد كيميائية مختلفة السلاسل ملصوقة على قاعدة من الكاوتشوك أو صفائح شفافة (مطاط مشبع بمواد أخرى أو دون ذلك) لحماية السطوح الداخلية لهياكل المحركات عن تأثير التيار الغازي الديناميكي .

تحد الاشعاعات الحرارية الصادرة عن رؤوس وأجزاء وعوادم محركات الصواريخ والسفن الفضائية أيضاً من استخدام ستائر الوقاية الحرارية ، التي تؤمن ابعاد العناصر عن سطح الجسم أثناء التبخر ، الانصهار والتحريض تحت تأثير الاشعاعات وتيارات الغاز مرتفعة الحرارة ، والتي تصون سطح الهدف عن التلامس المباشر مع الغازات المشتعلة . يستخدمون مختلف أنواع الراتنج (الزفت) (الفينولي والايبوكسيدي) والكوارتز ، الغرافيت والمعادن المسامية الحادة المخلوطة بمواد سهلة الانصهار وغيرها كستائر حماية حرارية .

يخفضون من الإشعاعات الحرارية للأعتدة المدرعة باستخدام ستائر حماية حرارية وأنظمة التبريد والتهوية .

يحد الإشعاع الضوئي الأولي الصادر عن الأعتدة والأهداف العسكرية ، في مجال ترددات الرؤيا والقريبة من مجال الترددات تحت الحمراء ، من القدرة التمويهية لمصادر الضوء ، وبالاختيار الصحيح لأنظمة عمل محطات الطاقة الكهربائية ، التي فيها ينتفي وجود الشرارات والشعلات في غازات نفثها . أما الاشعاع الضوئي الوارد ، فيمكننا تخفيضه أو حرفه باستخدام الستائر الماصة والطلاء ذي عامل الانعكاس المنخفض والحواجز وغيرها .

رابعاً ـ نظام «ستيلت» لانتاج أعتدة عسكرية محدودة الملحوظية

في منتصف السبعينيات ، بوشر العمل في الولايات المتحدة الأمريكية في برنامج «ستيلت» (الحد من ملحوظية العتاد العسكري) . يقضي هذا البرنامج إنتاج وسائط عسكرية ذات دلائل تمويه عالية ضد وسائط الكشف الفنية الرادارية والهيدروصوتية والعاملة على الأشعة تحت الحمراء وغيرها . وحسب هذا البرنامج تنتج الآن القاذفة الاستراتيجية (ATB) والقاذفات المطاردة التكتيكية وطائرات الأستطلاع وصواريخ المستقبل المجنحة . وإلى جانب ذلك ، يقترحون استخدام الطرق التكنولوجية المستخدمة في برنامج «ستيلت» اثناء بناء سفن الفضاء والسفن البحرية والأعتدة المدرعة المؤتمتة .

ينحصر جوهر هذه التكنولوجيا في تخفيض السطح العاكس الفعال للعتاد العسكري إلى عشرات الأمتار المربعة وصولاً حتى أجزاء المتر المربع . ويجري هذا العمل في الاتجاهات التالية :

أولاً ـ تحديث الأشكال عن طريق إنقاص مساحات السطوح ، وتجنب تقاطعها بزوايا قائمة (90°) ، تبديل السطوح المستوية بسطوح مائلة ، تجنب استخدام الأجزاء التي تحدث طنيناً ، والتي تكون أطوالها من مضاعفات أنصاف أطوال موجات محطات الرادار ، المستخدمة لكشف هذا العتاد العسكري . استطاعت الشركات الأمريكية تخفيض مساحة السطح العاكس الفعال للقاذفات الإستراتيجية من 100 م² (B–52) حتى 1م² (B–1B) ، والمطاردات التكتيكية من 5 م² (F–4) حتى 1,7 م² (F–16) وذلك نتيجة لتجديث أشكالها .

ثانياً ـ باستخدام المواد المركبة اللا معدنية ، التي تتصف بقدرتها المنخفضة على عكس الأمواج الكهرطيسية . ويقترحون في مصانع بناء الطائرات استبدال المواد المعدنية الداخلية في صناعة هيكل

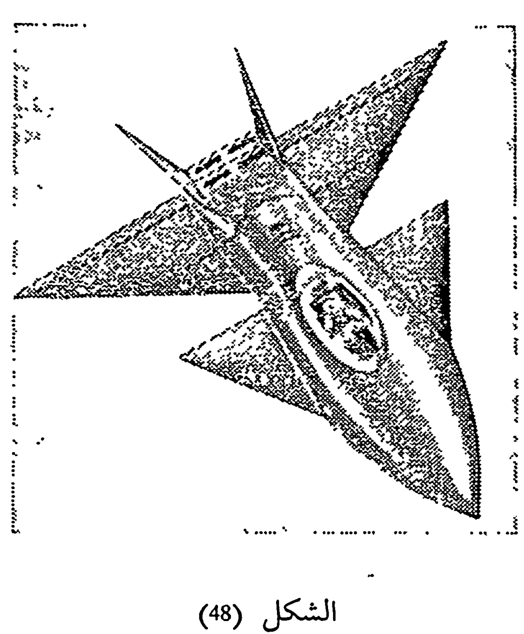
الطائرات بمثيلاتها السابقة الذكر بنسبة تصل إلى 50% . ولهذا الغرض تتخذ التدابير للحد من الكلفة وزيادة متانة المواد الجديدة .

ثالثاً ـ استخدام ستائر عالية الفاعلية ، تستطيع تخميد أو بعثرة الأمواج الكهرطيسية . ويجري العمل الآن لإنقاص الأوزان وزيادة المتانة الحرارية وعرض مجالات عمل المواد الماصة (المخمدة) . على سبيل المثال ، تم إنتاج ستارة سماكتها 2,5 مم ، تؤمن تخميداً لطاقة الأمواج الراديوية ضمن المجال (2,3-3,6) سم بمقدار 10 ديسيبيل ، الأمر الذي يخفض مدى الكشف الراداري للطائرات مرتين تقريباً . وبما أن المواد الماصة (المخمدة) تتميز بوزن كبير ، لذلك لا يقدمون على استخدامها إلا لطلاء «النقاط اللامعة» من العتاد العسكري . وأثناء إنتاج الطائرات ، يغطون مفاصل عناصر الأشرعة بسطوح ملساء ويستخدمون وصلات سلسة بينها . أما النوافذ الهوائية للمحركات فيركبونها على سطح ومؤخرة الهيكل ، ويستخدمون عوادم ذات شبكات للمحركات . ويصنعون القنابل الجوية والصواريخ وحاويات وسائط الحرب الألكترونية داخل هيكل الأشرعة . بالإضافة إلى ذلك ، يقترحون استخدام وسائط حرب ألكترونية ، قادرة على الحد من فاعلية وسائط السطع الرادارية والعاملة على الأمواج تحت الحمراء .

يوضح لنا الشكل (48) المخطط الايروديناميكي لطائرة مصنوعة حسب الأساليب التكنولوجية لبرنامج (ستيلت) . وهذه الطائرة كجناح مثلث الشكل . يركب في هذه الطائرات محطات رادار ذات استطاعة منخفضة ، أما مستوى وريقات مخططها الاشعاعي الاحداثي فمنخفض . وللتمويه عن كشف الوسائط العاملة على الأشعة تحت الحمراء ، يتم الحد من الاشعاعات تحت الحمراء للطائرات بتركيب ستائر على مصادر هذه الاشعاعات في الطائرة ويجري تخفيض حرارة الغازات الخارجة من المحركات وتغيير اتجاه خروج الغازات ، واستخدام شوائب معينة تضاف إلى الوقود للحد من كثافة الاشعاعات تحت الحمراء أو تغيير مجالها الطيفي لتصبح خارج القطاع (3-5) ميكرومتر ، الذي تعمل عليه رؤوس التوجيه الذاتية للصواريخ م/ ط . ولإنقاص كثافة الأشعة تحت الحمراء ، يستخدمون ستائراً متحركة عند نوافذ الهواء وعوادم المحركات .

وحسب رأي الاخصائيين الغربيين ، يزيد استخدام أساليب برنامج «ستيلت» ، في تصنيع الطائرات ، من إمكانية الطيران لتفادي أنظمة الدفاع الجوي المستقبلية عند الخفض المتوازي للاستطاعات وأوزان وسائط الحرب الألكترونية ، وايضاً يمكن أن يؤدي هذا إلى تغيير جوهري في نتائج الصراع المتبادل بين الطيران وأنظمة الدفاع الجوي . وبما أن محطات الرادار تستطيع مراقبة الموجة الضاربة للطائرات ، التي تطير على سرعات فوق صوتية ، فيجب على الطائرات قليلة الملحوظية أن تطير على سرعات تحت صوتية .

تعتبر الطائرة نموذج (F-19) أول نموذج اختباري لبرنامج «ستيلت» ، أنتجت هذه الطائرة عام 1977 في أمريكا . وينتظر استخدام الطائرات المصنعة حسب برنامج «ستيلت» في بداية التسعينات .



الشكل (48)

شكل طائرة مصنعة حسب برنامج «ستيلت» .

الباب السابع .

خصوصيات إعماء الوسائط الهيدروصوتية

يتم التوصل إلى تغطية وإخفاء وحماية السفن البحرية والغواصات عن المراقبة الهيدروصوتية وتدمير الأسلحة ، الموجهة بواسطة منظومات تعمل على الأمواج الصوتية في الأسطول الحربي البحري ، بتنفيذ مجموعة من التدابير السلبية والإيجابية ضمن مجال الإعماء الهيدروصوتي .

أولاً - التدابير السلبية للاعماء الهيدروصوتي .

ينتمي إلى هذه التدابير : استخدام سطوح ضعيفة الانعكاس في صناعة السفن ، وأنظمة عمل لإبحارها أقل ضجيجاً وستائر تستطيع امتصاص الأمواج الصوتية ؛ والحد من الاهتزاز والضجيج أثناء عمل المحركات ؛ اختيار العمق المناسب لمسار الغواصات .

تصدر السفن ضجيجاً نتيجة لعمل الرفاصات والمحركات ، وأيضاً التلامس التوربيني الخطي لتيارات الماء مع الجسم . ينخفض مستوى التشويش «الحقل الهيدروصوتي» لسفن السطح والغواصات عن طريق اختيار التصميات والأشكال الأكثر حداثة للمراوح والمحركات والجسم وباستخدام هيكل مزدوج التصفيح ، الذي فيه تتشكل طبقة إضافية هوائية لتخميد الضجيج . يتم الحد من ضجيج المحركات العاملة بإضعاف الطاقة الصوتية الصادرة عنها ، ولهذا يستخدمون وسائط عازلة للصوت والاهتزازات ووسائط أخرى لتخميدها ومواد ماصة للطاقة الصوتية . ويقومون بتلبيس المواد السابقة الذكر ، على سبيل المثال ، على السطوح الداخلية لعنابر الطاقة في السفينة أو الغواصة . وأحد أنواع هذه المواد التي تستطيع امتصاص طاقة الأمواج الصوتية عبارة عن قطع القرميد الهرمي المثقب مغطى من الداخل بقطع من الشاش الطبيعي . وللحد من ضجيج الغواصات يستخدمون محركات لا تحتوي على وصلات مسننة ، التي تعتبر مصدراً رئيساً للضجيج .

وعندما يقدمون على الحد من الضجيج ، كأنهم يخفضون فاعلية المحطات الهيدروصوتية (الآزدك) التابعة للعدو عن كشف الغواصة وتوجيه الطوربيدات أو قنابل الاعماق إليها بهدف تدميرها ، ويرفعون من إمكانية محطات الآزدك ووسائط الاعماء الهيدروصوتية الذاتية . يراقب مستوى ضجيج الغواصة بواسطة تجهيزات خاصة على مختلف أعماق الغوص وسرعات الابحار . وعندما نحدد مستوى الضجيج في مختلف الظروف ، نتمكن من اختيار أنظمة عمل الابحار الملائمة ، التي أثناءها يتشكل ضجيج أصغري .

إن أفضل وأكثر الوسائط انتشاراً لحماية الغواصة من أنظمة الكشف والتوجيه وإنتاج التشويش

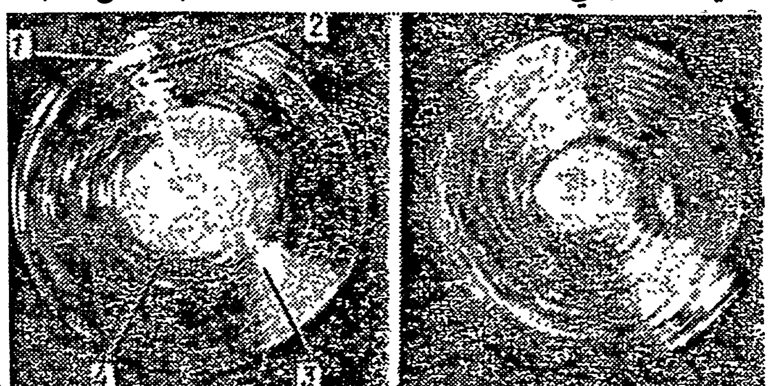
الهيدروصوتي الايجابي ـ هي طلاءٌ ، يستخدم لتغطية جسم الغواصة ، مصنوع من مادة تستطيع امتصاص (تخميد) طاقة الأمواج الهيدروصوتية ، وعلى الأخص تلك المناطق ذات السطح العاكس الفعال الكبير المساحة . ففي الجيوش الغربية جرت تجارب لطلاء أجسام الغواصات بمواد تستطيع امتصاص 90% من طاقة الأمواج الهيدروصوتية الواردة إليها . يصنعون الأغطية المخمدة للطاقة من النايلون ، الايتيلين المائع وغيرها من المواد البلاستيكية ، التي تحتوي على كاوتشوك طبيعي . تتميز الأغطية ذات الشكل الشبكي بمختلف قياساتها بفاعلية تخميد عالية .

يمكن أن يتم تمويه الغواصات باستخدام بعض الظواهر الطبيعية . على سبيل المثال : إن حرارة قاع المحيط المتدرجة عادة ما تؤدي إلى قفزات حادة لا تسمح بمرور الأمواج الهيدروصوتية .

ثانياً ـ التدابير الايجابية للاعماء الهيدروصوتي :

ينتمي إلى التدابير الايجابية للاعماء الهيدروصوتي ـ تشكيل تشويش إيجابي وسلبي بواسطة محطات تشويش هيدروصوتية وطلقات تقليدية واستخدام أهداف هيدروصوتية كاذبة على شكل مقلدات مقطورة أو مسقطة تتحرك بفعل حركة الأمواج أو ذاتية الحركة .

تسجل محطات التشويش الهيدروصوتية الاشارات الواردة من الوسائط الهيدروصوتية على بكرات مغناطيسية ، وتقوم بتضخيمها وتحويلها . بعد ذلك يتم محو الاشارات ومن جديد تصبح المحطة جاهزة لتسجيل إشارات جديدة . أما عملية الاستماع إلى الأصوات الصادرة عن عمل الأهداف فتتم أثناء عملية محو الاشارات . يسمح لنا مثل هذا النظام من العمل أن نقيِّم وباستمرار الوضع وأن يكون تاثيرنا الأعمائي ضد محطات الآزدك فعالاً (الشكل 49) .



الشكل (49) ـ صورة شاشة محطة الآزدك ذات الكشف الدائري .
أ ـ أثناء غياب التشويش ؛ ب ـ عند تأثير تشويش هيدروصوتي إيجابي ؛
1 ـ علامة الهدف ؛ 2 ـ ضجيج الهدف ؛ 3 ـ الضجيج الذاتي في مؤخرة خطوط سير السفينة ؛ 4 ـ التشويش الارتدادي .

تستخدم الغواصات وسفن السطح أجهزة التشويش الهيدروصوتي المقطورة والسابحة مع موج البحر لإبعاد الطوربيدات ذات أنظمة التوجيه الهيدروصوتية الذاتية السلبية ونصف الايجابية عنها .

أما الأجهزة ذات الحركة الذاتية ، التي ثقلد حركة وضجيج الغواصات ، فتستقبل وتسجل الاشارات الواردة من محطات الآزدك وتقوم ببثها ثانية في اتجاه ورودها . إلى جانب ذلك ، تستطيع بعض هذه الأجهزة إنتاج ضجيج يشابه ضجيج رفاصات السفن أو الغواصات والمناورة بالاتجاه وبسرعة الابحار وبالعمق أيضاً . إن أكثر المقلدات ذاتية الحركة الأمريكية منتشرة الاستخدام هو النموذج MK-30 ، المصنع على قاعدة طوربيد كهربائي صغير الحجم ، يقلد ضجيج الغواصة ، التي تكشفها محطات الآزدك على مسافة من (4 إلى 5) كم . يولد الحقل الهيدروصوتي الثانوي للغواصة فيها عن طريق إعادة بث حزم إشارات محطات الآزدك المستقبلة والمضخمة ، وتعتمد كذلك على مبدأ الازاحة الدوبلرية بالتردد لتقليد حركة الغواصات . وفي أحدث نماذج هذه الأجهزة يتم توليد التشويش الهيدروصوتي الايجابي ضد محطات الآزدك ، وتشكيل إشعاعات متكررة للإشارات الهيدروصوتية المعادية ، المسجلة على شريط مغناطيسي . ونتيجة لذلك تتعقد عملية فرز الاشارات المنعكسة عن الغواصة . إلى جانب ذلك ، يستطيع هذا الجهاز تقليد ضجيج الغواصة . ولتقليد الحقل المغناطيسي لغواصة ، يستطيع المقلد قطر كابل نحاسي بطول 30 م ، يمرر به تيار كهربائي . يركب على هذا الكابل هوائي هيدروصوتي ، يقلد حقل ضجيج الغواصة لإثارة انتباه الطوربيد ، ذي النظام الهيدروصوتي إليه . يتم التحكم بمناورة المقلد بالاتجاه والعمق حسب برنامج مسبق مسجل على شريط مثقب .

تستخدم المقلدات ذاتية الحركة من قبل الغواصات ، سفن السطح ، الطائرات والحوامات .

يتميز أحد نماذج المقلدات المتحركة حسب أمواج البحر (الغربية) بشكل أسطواني طوله 763 مم وقطره 235 مم ووزنه 45 كغ . يستطيع هذا الجهاز العمل لمدة 15 دقيقة من قبل بطارية تنشط من ماء البحر .

تنتج أجهزة الاعماء الهيدروصوتية أمواجاً أولية وأيضاً ثانوية (منعكسة) وتشكل أثر خط سير السفينة نتيجة لتفاعل هيدرات الليثيوم مع ماء البحر كيميائياً ، الأمر الذي يشكل فقاعات غازية ، تعمل على الطنين ضمن مجال الأمواج العاملة لمحطات الآزدك . تستخدم مثل هذه الأجهزة ـ المصائد ضد محطات الآزدك والطوربيدات ، التي تتبع أثر خط سير السفينية . إلى جانب ذلك ، تستطيع بعض أنواع المقلدات إنتاج حقول فيزيائية أخرى . فعلى سبيل المثال ، إذا أردنا تقليد الحقل المغناطيسي للغواصة يقطرون خلف جهاز الاعماء الهيدروصوتي كابلاً نحاسياً ، يوجه إلى ذاته الأسلحة المضادة للغواصات ذات التوجيه اللاهيدروصوتي والمفجرات الغير طرقية .

أما طلقات التقليد ، المستخدمة منذ الحرب العالمية الثانية ، فهي مخصصة لتقليد صدى الغواصات ولجلب الطوربيدات ذات رؤوس التوجيه الذاتي إليها . وينحصر مبدأ عمل طلقات التقليد في أن المواد ذات الأثر الهيدرولوجي شديدة الفاعلية (على سبيل المثال هيدرات الكالسيوم ، وهيدرات اللاثيوم ، وهيدرات الصوديوم) ، التي تحتويها ، تفرز عند اتصالها بالماء كمية كبيرة من الفقاعات الغازية ، مشكلة غيمة . تنعكس طاقة الأمواج الهيدروصوتية الصادرة عن محطات الآزدك عند ارتطامها بهذه الغيمة الغازية ، كما يحدث لها عندما ترتطم بغواصة . وحسب فاعلية هذه الطلقات ، يمكننا مقارنتها بالعواكس الراديوية ، التي تشكل تشويشاً سلبياً ضد محطات الرادار . إلا أن الطلقات التقليدية ثابتة ، لهذا لا تسبب الأثر الدوبلري أثناء انعكاس الأمواج الهيدروصوتية ، وهذا ما يجعل تمييزها سهلاً . ويمكننا تشكيل غيمة فقاعات غازية بواسطة غواصة ومقلدات ذاتية الحركة .

وبهدف الابتعاد (الانحراف) عن السفينة المهاجمة ، تقوم الغواصة في البداية بتشغيل محطة التشويش الهيدروصوتي التابعة لها ، الأمر الذي يؤدي إلى إضاءة شاشة محطة الأزدك المعادية وبعدها تقوم بإسقاط أجهزة التشويش الهيدروصوتي ذاتية الحركة والتي تتحرك حسب حركة الأمواج البحرية ، وهذه مجتمعة تقوم بتقليد أهداف كاذبة .

يستخدمون في أساطيل حلف الناتو البحرية مجموعة اعماء هيدروصوتي ، تتألف من وسائط كشف (محطات آزدك) ، ووسائط ذاتية الحركة ومقطورة وأهداف كاذبة يتم إسقاطها ومحطات تشويش إيجابي هيدروصوتي .

الباب الثامن

المبادىء الرئيسة لاستخدام الوسائط الراديوية الفنية في الدفاع الجوي لجيوش الدول الرأسمالية .

أولا - معلومات عامة عن الدفاع الجوي :

أدى التطور الحاصل في المواصفات الفنية والتكتيكية للطائرات القاذفة وإدخال الصواريخ البالستية والمجنحة إلى جيوش الدول المتطورة والنامية إلى تعقيد مهام الدفاع الجوي ، واستدعى ذلك ضرورة في تحسين الهيكل التنظيمي وتطوير في الوسائط الفنية للدفاع الجوي .

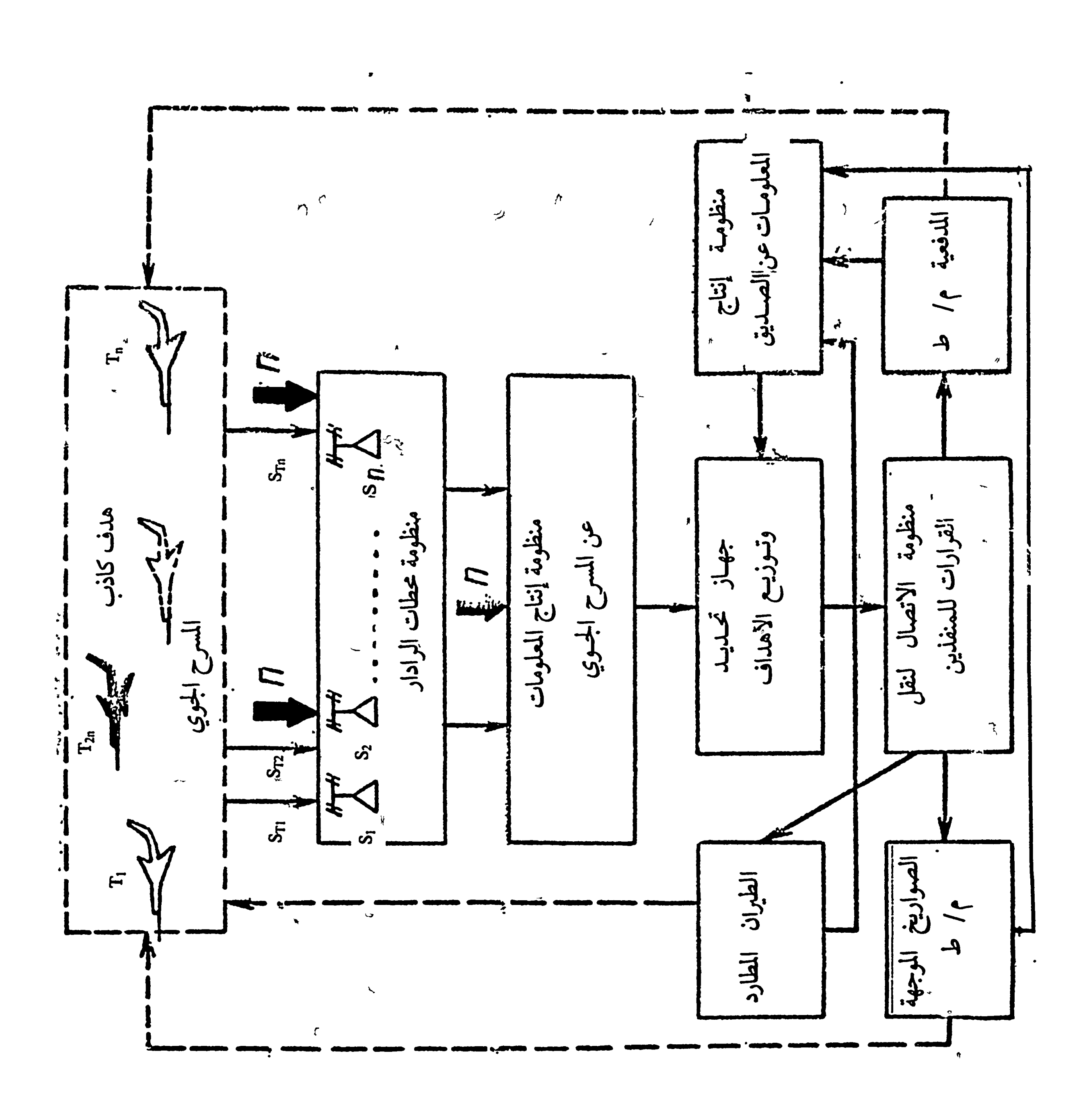
قبل كل شيء ، يتوجب على هذه الوسائط أن تؤمن للقيادة المعلومات الكاملة والحديثة عن المسرح الجوي على المشارف البعيدة للموقع المراد حمايته . وهذه المعلومات تكون الأساس في توزيع الأهداف على وسائط التدمير (مطاردات ، صواريخ م/ط موجهة ، مدفعية م/ط) .

إلى جانب ذلك ، يجب على الوسائط الفنية للدفاع الجوي تأمين النقل السريع لوسائط التدمير إلى الجاهزية دون الحصول على اي معلومات من الوسائط الأرضية للدفاع الجوي ، مثل الاحداثيات ، وكذلك مساعدة المطاردة أو الصاروخ على إزالة الخطأ المتراكم في مجرى عملية السطع والملاحقة وتدمير الهدف .

إن جميع الوسائط الفنية في الدفاع الجوي ، بما فيها الوسائط الراديوية الفنية ، يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات (أو دوائر) :

مجموعة إظهار وتوزيع الأهداف ، مجموعة التوجيه ، مجموعة التوجيه الذاتي .

لا يوجد في بعض المنظومات الصاروخية رؤوس توجيه ذاتية في صواريخها ، ويتم التوجيه من الأرض حتى وصول الصاروخ إلى الهدف ، ففي هذه المنظومات لا يوجد ما يسمى بمجموعة التوجيه الذاتي . يوجد هنالك منظومات صاروخية ، التي منها يقوم نظام التوجيه الذاتي للصاروخ بالتقاط الهدف ونقله إلى الملاحقة الأوتوماتيكية والصاروخ لا يزال في قاعدته ، أو مباشرة بعد الاطلاق ، وفي هذه المنظومات لا يوجد مجموعة ما يسمى بالتوجيه .



الشكل (8-1)

المخطط الصندوقي لمجموعة (دائرة) إظهار وتوزيع الأهداف .

مجموعة (دائرة) اظهار وتوزيع الاهداف (الشكل 8 ـ 1) عبارة عن مجموعة من محطات الرادار المتصلة مع بعضها البعض للانذار المبكر والتعارف S_1. S_2. S_3. S_n ومحطات اتصال وانظمة حاسبة . تقوم هذه المجموعة بإظهار وتوزيع الاهداف T_1 T_2 T_3 T_n بين وسائط التدمير في الدفاع الجوي .

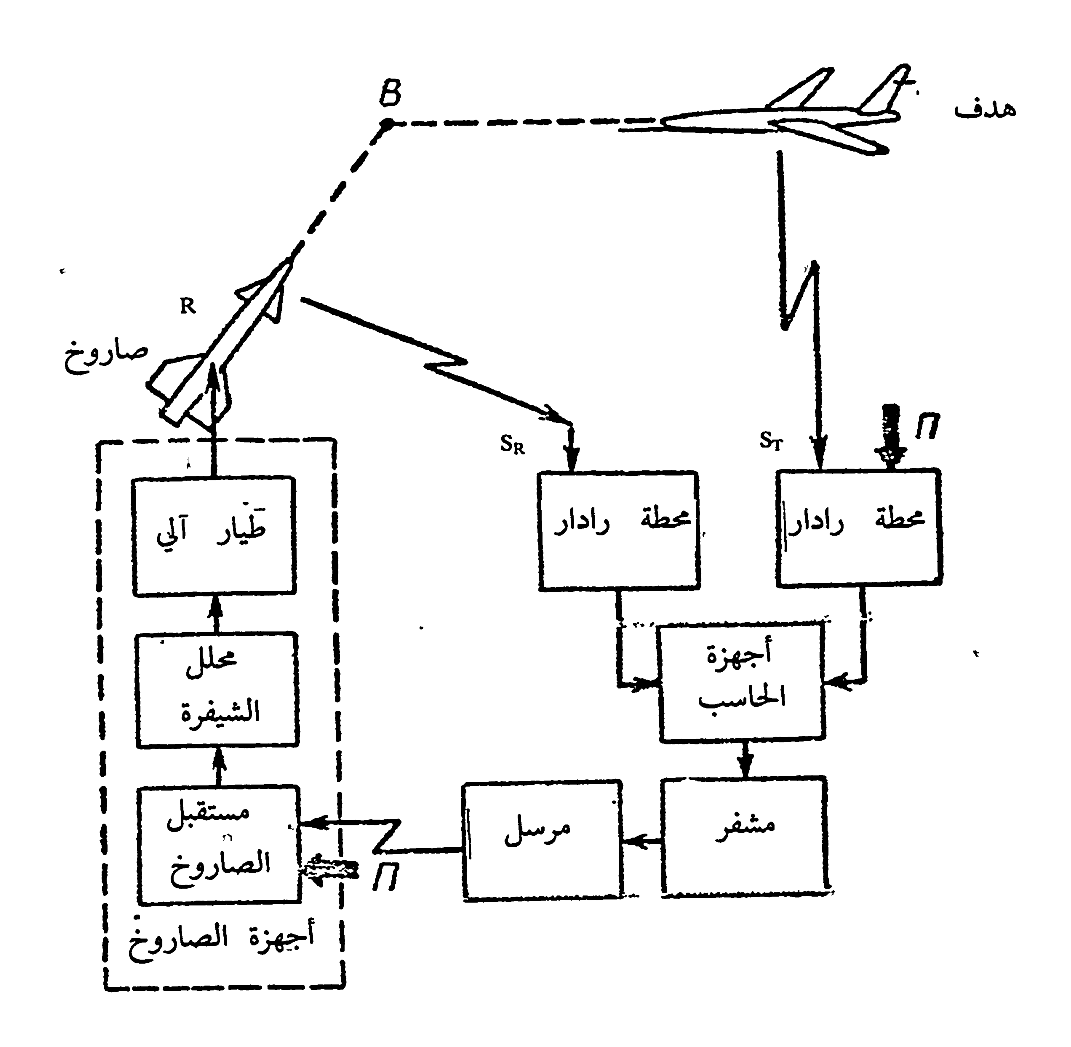
يرمز الحرف П في الأشكال (8-1-8-4) المصاحبة لسهم عريض إلى أهداف التشويش الألكتروني المعادية . أما الرمز T_{2n} في الشكل (8-1) فيشير إلى مصدر التشويش .

تقوم محطات رادار الأنذار المبكر أثناء سطعها للمسرح الجوي بالبوح عن حقيقة وجود الأهداف معبرة عن ذلك بالاشارات المنعكسة عنها S_{T1} ، S_{T2} ، .... S_{Tn} وتحدد انتماء كل هدف (الهوية ـ صديق ـ عدو) واحداثياته . تعطى المعلومات الواصلة إلى نظام إنتاج المعلومات عن المسرح الجوي في منطقة الدفاع الجوي . يقوم هذا النظام بتحليل هذه المعلومات ، ومع أخذه بعين الاعتبار جاهزية أسلحة التدمير ، يقوم بتوزيع الأهداف عليها . يتخذ القرار النهائي عن توزيع الأهداف من قبل القائد بالذات ، وينقله عن طريق وسائط الاتصال إلى الطيران المطارد ، بطاريات الصواريخ م/ط الموجهة والمدفعية م/ط .

مجموعة (دائرة) التوجيه : يبدأ عملها بعد أن توزع الأهداف على وسائط التدمير . تحتوي هذه المجموعة على محطة رادار واحدة أو اثنتين (وفي الحالة الثانية تقوم المحطة الأولى بمتابعة صاروخها أو مطاردتها ، أما الثانية فتقوم بالملاحقة النصف أوتوماتيكية أو الأوتوماتيكية للهدف) .

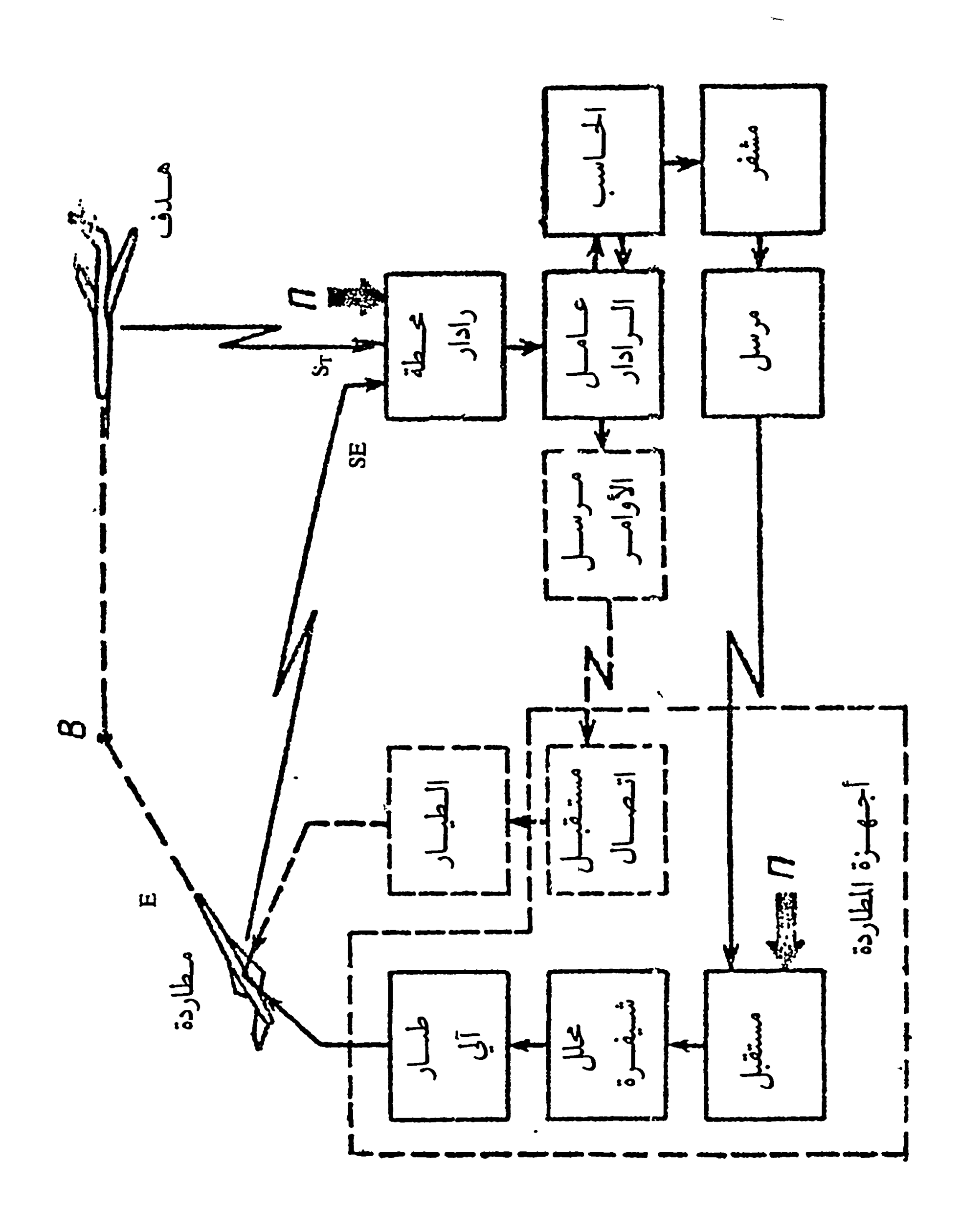
أثناء العمل على نظام الملاحقة الأوتوماتيكي ، تعطى إحداثيات الهدف والصاروخ (المطاردة) ، المحصول عليها من المحطتين إلى جهاز الحاسب ، الذي يقوم بحساب المسار اللازم للصاروخ ليصل إلى النقطة B لملاقاة الهدف ، وعند انزياح الصاروخ عن هذا المسار يقوم بإنتاج الأوامر اللازمة . تعطى الأخيرة إلى مشفر الأوامر في خط التوجيه الراديوي وتنقل إلى الصاروخ ، التي بعد فك شيفرتها تؤثر على الطيار الآلي وتدعوه للتأثير بدوره على دفات الصاروخ لتصحح مساره .

أثناء العمل على نظام الملاحقة النصف أوتوماتيكي ، تؤخذ إحداثيات الهدف Tوالمطاردة E (الصاروخ) من قبل عامل الرادار من على شاشة محطة الرادار . ولاحقاً وحسب درجة الاتمتة لهذه المجموعة يرسل العامل خلال خط الاتصال اللاسلكي أمراً للطيار لتصحيح الإتجاه (خط منقط على الشكل 8-3) أو يدخل احداثيات الهدف والمطاردة في أجهزة الحاسب المرتبط مع مشفر خط التوجيه والأوامر .



الشكل (8-2)

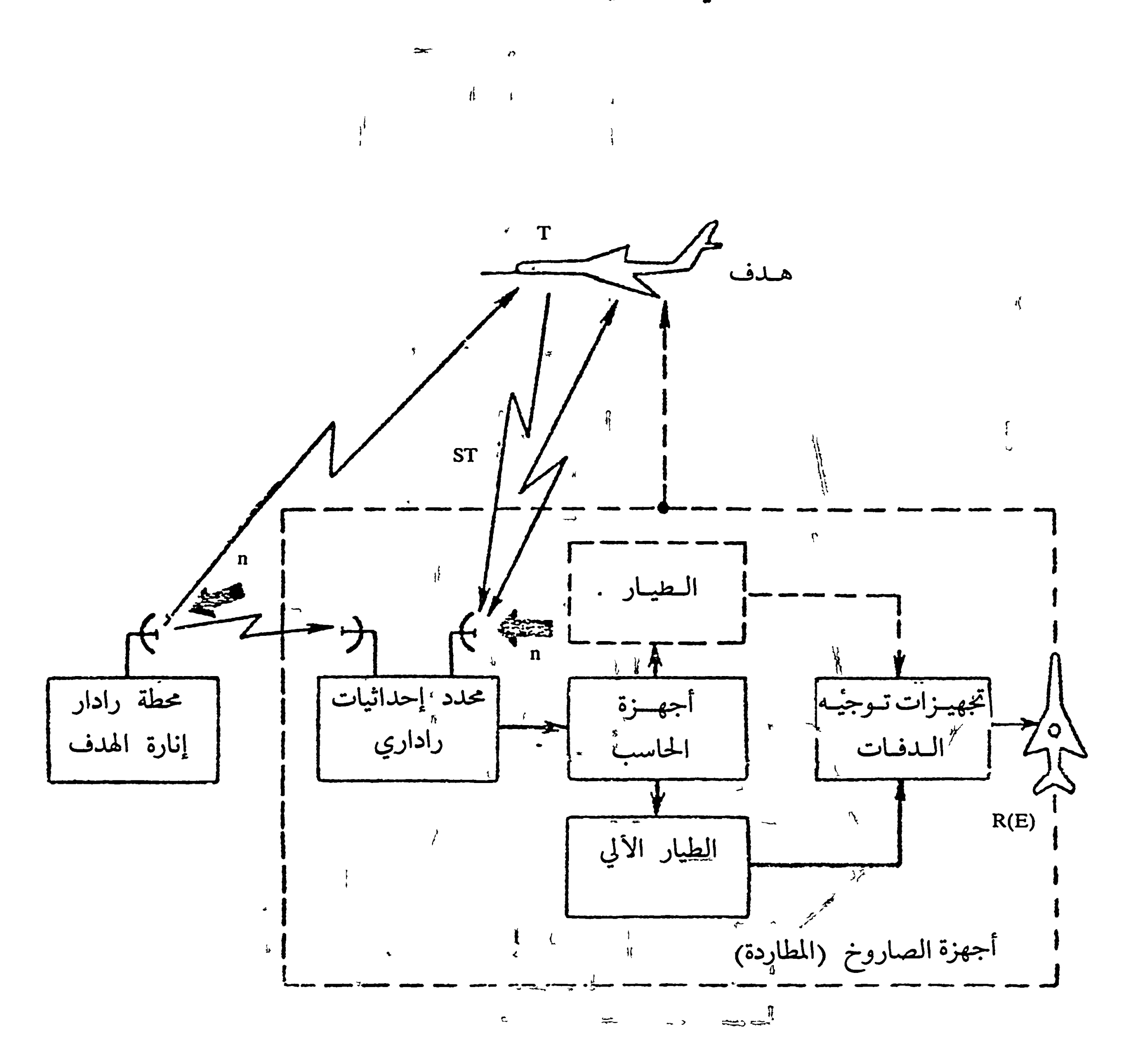
المخطط الصندوقي لمجموعة توجيه الصاروخ (المطاردة) ذات محطتي رادار.



الشكل (8-3)

المخطط الصندوقي لمجموعة توجيه المطاردة (الصاروخ) ذات النظام النصف أوتوماتيكي بمحطة رادار واحدة

مجموعة التوجيه الذاتي (الشكل 8-4) . يبدأ عملها بعد انتهاء مهمة منظومة التوجيه في إيصال الصاروخ (المطاردة) إلى منطقة الهدف ، وتقوم هذه المجموعة بمهمة إزالة الأخطاء الحاصلة أثناء التوجيه وتحتوي على محدد إحداثي راداري لقياس إحداثيات الهدف .



الشكل (8-4)

المخطط الصندوقي لمجموعة التوجيه الذاتي .

وحسب نوع المحدد الاحداثي يمكننا أن نميز بين أنظمة التوجيه الذاتي : النظام إيجابي ، نصف إيجابي وسلبي .

يكون محدد الاحداثيات في النظام الايجابي عبارة عن محطة رادار محمولة ، تتألف من مستقبل ومرسل ، وفي النظام النصف ايجابي من مستقبل فقط ، يقوم بالتعامل مع الاشارات المنعكسة عن الهدف S_T ، المرسلة من قبل محطة رادار تلاحق الهدف (محطة رادار إنارة الهدف ، متوضعة على الأرض أو على الصاروخ المطلق ، في النظام السلبي ولتحديد احداثيات الهدف يستخدم الاشعاع الصادر عن الهدف نفسه .

تذهب الاحداثيات الآنية من مخرج محدد الاحداثيات إلى أجهزة الحاسب ، التي تقوم بحساب المسار اللازم للالتقاط ، منتجة أوامر التوجيه ، التي تعطى إلى مؤشر خاص بالطيار أو إلى الطيار الآلي .

بهذا الشكل ، يستطيع نظام الدفاع الجوي من التنفيذ الناجح لمهامه فقط ، في تلك الحالة ، إذا عملت جميع المجموعات المكون منها ، السابقة الذكر . إن الجزء الرئيسي منها هو محطات الرادار الأرضية للكشف والتوجيه ، المحددات الاحداثية للمطاردات والصواريخ . لهذا تعتبر المحددات هي الهدف الرئيسي لتأثير التشويش المشكل لتغطية الطائرات أو الصواريخ ، التابعة لمنظومات الدفاع الجوي .

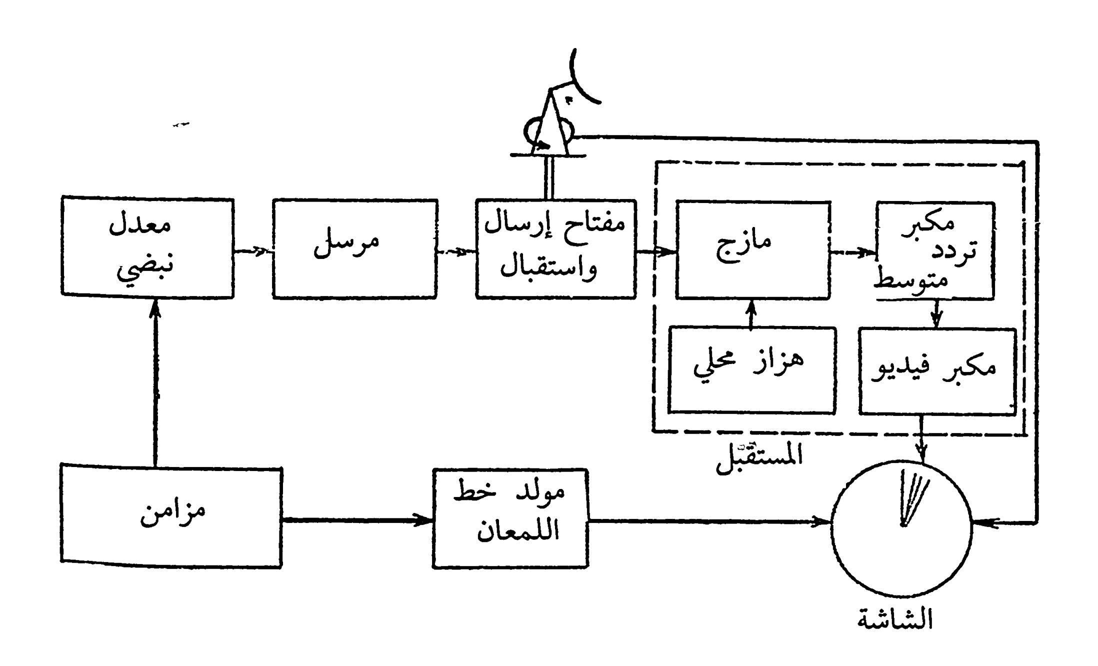
ثانياً : محطات الكشف الراداري :

تعمل محطات رادار كشف الأهداف عادة ، على النظام النبضي (الشكل 8-5) . يقوم مرسل المحطة بإرسال نبضات قصيرة جداً (عرضها بالميكروثانية) ذات تردد عالي عن طريق الهوائي ، الذي بدوره يقوم باستقبال الاشارات المنعكسة عن الأهداف . وبقياسنا للزمن t (ميكروثانية) الحاصل بين زمن الارسال والاستقبال لإشارة واحدة يمكن أن نحدد المسافة D (متر) بين الهدف ومحطة الرادار

$$D = 150\ t;$$

يحدد الاتجاه إلى الهدف بقياس زاوية وضع هوائي محطة الرادار في لحظة استقبال الأشارة المنعكسة .

يتم توليد الاشارات في مولد التردد العالي في المرسل (عادة ماغنترون أما عند العمل على ترددات ذات الأمواج الطويلة فبواسطة كلايسترون أو مولد صمامي) وخلال مفتاح الهوائي الذي يُوصل ، أثناء زمن إرسال الإشارة ، الهوائي بالمرسل ، ومن ثم تُرسل هذه الإشارة في الفضاء .

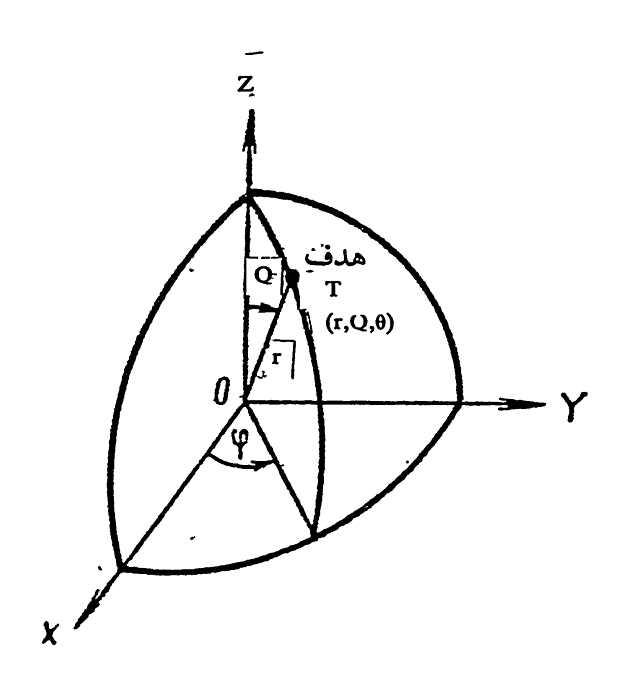


الشكل (8-5)

المخطط الصندوقي لمحطة رادار كشف نبضية بشكل عام .

يتألف هوائي محطة الرادار عادة من عاكس على شكل شبه قطع مطافىء ومشع متوضع على المحور المحرقي للعاكس وموصول بخط دليل الموجة . تُسلط طاقة المشع على العاكس ، وتُشع منه على شكل حزمة أشعة متوازية ضيقة .

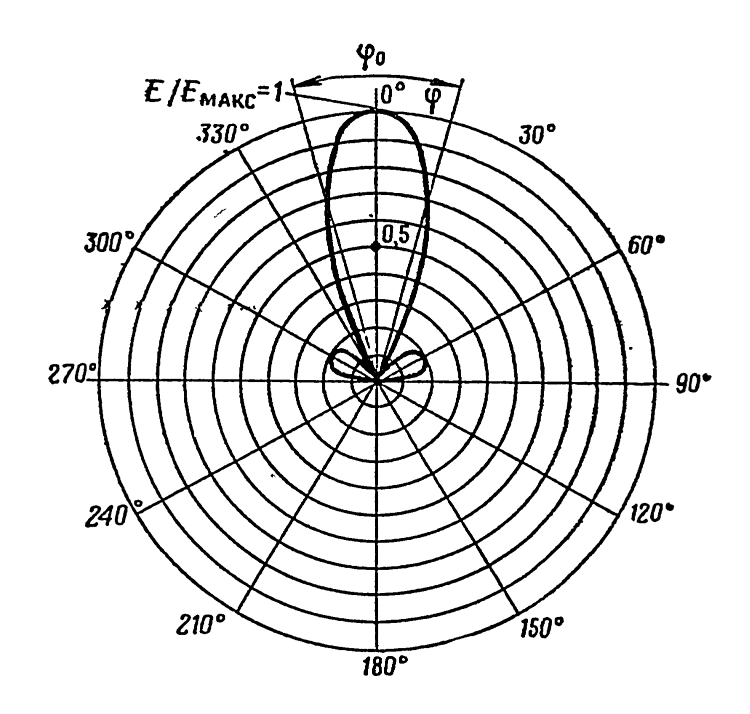
إذا وضعنا هوائي محطة الرادار في النقطة «O» بداية الاحداثيات القطبية φ, θ, r (الشكل 8-6) وحركنا حوله دائرياً في المستوى الأفقي المستقبل ، فعند قياس التوتر النسبي للحقل الكهربائي يمكن أن نرسم المخطط الاشعاعي للهوائي في المستوى الأفقي (الشكل 8-7) . وعندها يمكن تحديد اتجاه الهدف حسب وضع الوريقة الرئيسية للمخطط الاشعاعي في لحظة استقبال الاشارة المنعكسة عن الهدف .



الشكل (8-6)

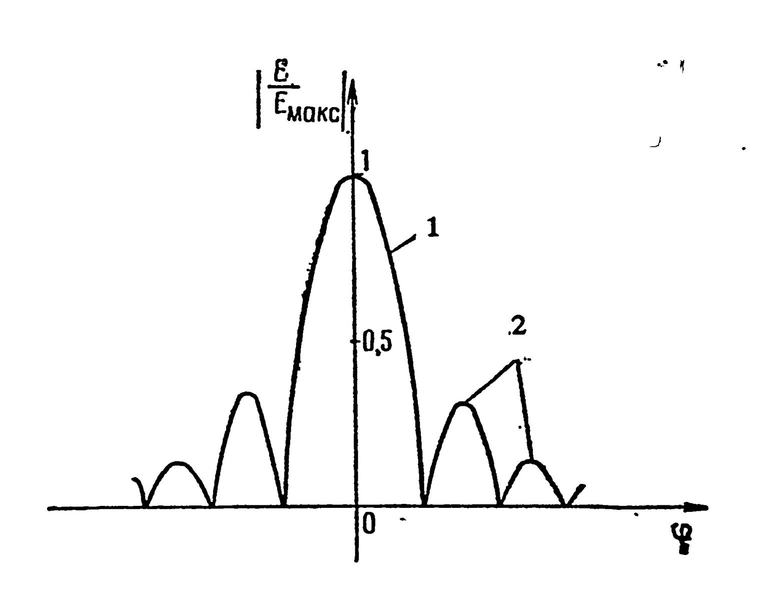
نظام الاحداثيات الكروي أو القطبي ، الذي تقع في بدايته محطة الرادار .

كما يمكن أن نحصل على المخطط الاشعاعي ، كذلك ، بقياسِ كثافة استطاعة الموجة المشعة من هوائي محطة الرادار (المخطط الاشعاعي حسب الاستطاعة) ويمكن التعبير عن كل مخطط اشعاعي بطرق احداثيات مختلفة وعلى الأخص على النظام الاحداثي القائم الزاوية (الشكل 8-8) .



الشكل (8-7)

المخطط الاشعاعي الاحداثي لهوائي محطة الرادار ، ويشير إلى التغير النسبي لتوتر مجال الحقل الكهربائي (E/Emax.) في المستوى الأفقي على النظام الاحداثي القطبي .



الشكل (8-8) المخطط الاشعاعي لهوائي محطة الرادار في نظام الاحداثيات القائم الزاوية

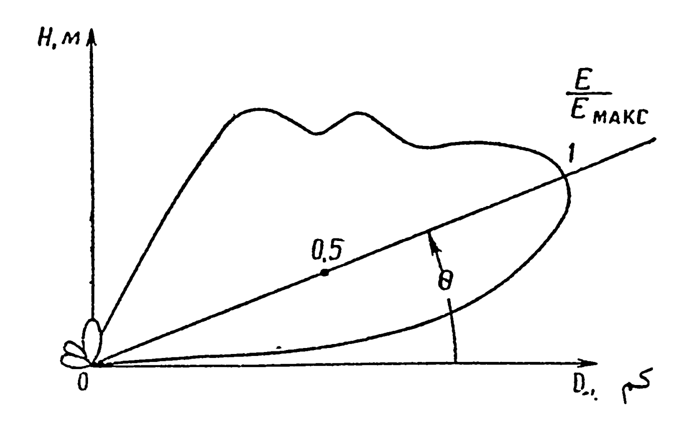
(1) الورقة الرئيسية . (2) الوريقات الجانبية .

عندما نحصل على المخطط الاشعاعي لتوتر الحقل الكهربائي يمكننا أن نرسم المخطط الاشعاعي بالاستطاعة ، رافعين إلى القوة (2) جميع عناصر المخطط الأول .

يرتبط عرض الوريقة الرئيسية للمخطط الاشعاعي على مستوى نصف الاستطاعة (الشكل 8–7) بالقطر d للعاكس (شبه قطع مطافىء) وبطول الموجة λ ، بالعلاقة التالية :

$$\overset{\circ}{\varphi}_o = 65 \frac{\lambda}{d} \; ; (1 - 8);$$

وبنفس الطريقة الموضحة سابقاً ، يمكننا الحصول على المخطط الاشعاعي بالمستوى العمودي . عند ذلك عادة ما يؤخذ المستوى العمودي ، الذي يمر خلال محور الوريقة الرئيسية للمخطط الاشعاعي في المستوى الأفقي . يسمى مثل هذا المخطط بالمخطط الاشعاعي الرئيسي للهوائي في المستوى العمودي (الشكل 8–9) .



الشكل (8–9)

المخطط الاشعاعي الرئيسي لهوائي محطة رادار الكشف بالمستوى العمودي .

عند استقبال الاشارات المنعكسة عن الهدف ، يمتلك هوائي محطة الرادار نفس المخطط الاشعاعي ، الذي يمتلكه أثناء الارسال .

يعتبر العامل G (φ,θ) من الخواص الهامة لهوائي محطة الرادار ويسمى عامل التأثير الموجه ، الذي هو عبارة عن العلاقة بين كثافة الموجه الاستطاعية п (φ,θ) للهوائي المشع في الاتجاه المحدد θ,φ والكثافة المتوسطة لموجة الاستطاعة المشعة :

$$G(\varphi,\phi) = 4\pi \frac{\Pi(\varphi,\phi)}{P_s} \quad \text{أو} \quad G(\varphi,\phi) = \frac{\Pi(\varphi,\phi)}{\Pi_{Mig.}} \quad (2-8)$$

حيث هنا P_s ـ الاستطاعة الكلية المرسلة من محطة الرادار .

توضح لنا القيمة العظمى لعامل التاثير الموجه $G(\varphi,\theta)$ عدد المرات التي تزيد كثافة موجة الاستطاعة المرسلة بالمحور الرئيسي لوريقة المخطط الاشعاعي عن الكثافة المتوسطة لموجة الاستطاعة المرسلة . لاحقاً سوف نعبر عن هذه القيمة بالحرف :

$$G = 4\pi \frac{\Pi_{max.}}{P_S}$$

يعتبر سطح التخميد الفعلي من أهم خواص الهوائي الذي يعمل في نظام الاستقبال ويرمز له بالرمز (A) ، الذي يمكن تحديده كعلاقة الاستطاعة ، القادمة من الهوائي إلى المستقبل المربوط به بكثافة موجة الاستطاعة المستقبلة . في تلك الحالة ، التي يكون فيها سطح استقطاب الهوائي متطابقاً مع سطح استقطاب الحقل الكهربائي .

يتميز سطح التخميد الفعلي بذلك الجزء من مساحة حد الموجة الكهرطيسية الذي يُخرج منها الهوائي الطاقة .

عندما يكون الهوائي مولفاً على الاستقبال الأعظمي ، أي عندما تكون قمة مخططه الاشعاعي موجهة إلى منبع البث ، تصل قيمة سطح التخميد الفعلي إلى القيمة الاعظمية Amax. أما في أوضاع الهوائي الأخرى فتعطى بالعلاقة التالية :

$$A = A_{max.}\ g^2\ (\theta,\varphi)$$

حيث هنا $g(\theta,\varphi)$ ـ عامل أقل من الواحد يعبر عن مستوى المخطط الاشعاعي للهوائي .

يوجد هنالك علاقة رياضية تربط عامل التأثير الموجه وسطح التخميد الفعلي وطول الموجه هي :

$$A = \frac{\lambda^2 . G}{4\pi} \quad (3-8)$$

حتى في أكثر الهوائيات حداثة ، لا يوجد هنالك إمكانية لتركيز كامل استطاعة الاشعاع في الوريقة الرئيسة للمخطط الاشعاعي . تعبر الوريقات الجانبية عن الاشعاع (الاستقبال) في اتجاهات أخرى (انظر الشكل 8-7) . ومستوى هذا الاشعاع الثانوي ، يحدد إلى حد بعيد مقدار الحماية من التشويش لمحطة الرادار .

يؤمن هوائي محطة الرادار عندما يدور حول محور ثابت أو يتمايل بالنسبة له ، كشف الفراغ في تلك الناحية التي يتوقع ظهور الهدف منها .

تصمم سرعة دوران الهوائي (أو المسح القطاعي) بذلك الشكل ، الذي تؤمن فيه بقاء الهدف ضمن الوريقة الرئيسة للمخطط الاشعاعي ، حتى تلك اللحظة التي يبقى فيها الهوائي غير مستقبلٍ لتلك الكمية الكافية من الاشارات «K» النبضية المنعكسة .

وعندما تعمل محطة الرادار في نظام البحث الدائري يكون عدد دورات الهوائي «N» بالدقيقة مأخوذة من العلاقة :

$$N \leqslant \frac{\varphi_o . F_n}{6K}$$

حيث هنا F_n ـ تردد الاشارات نبضة/ ثانية .

φ_o ـ عرض الورقة الرئيسية للمخطط الاشعاعي للهوائي في المستوى الأفقي ، وتقدر بالدرجة .

يوصل مفتاح الارسال والاستقبال بعد إرسال الاشارة بين الهوائي والمستقبل ، وعندها تستقبل الاشارة المنعكسة عن الهدف في دارة المازج (أحياناً بعد ا لتضخيم الأولي) ، حيث تصل إلى هنالك إشارة من الهزاز المحلي .

يصمم الهزاز المحلي عادة على صمام الكلايسترون العاكس ، الذي يضم في تركيبه دارة تعيير أوتوماتيكي للتردد ، للقضاء على التغيير الصغير الحاصل لتردد المرسل والهزاز المحلي . يؤمن هذا الشيء تضييقاً في المجال الامراري بالتردد لمضخم التردد المتوسط .

تجمع دارات المازج عادة على ديودات كريستالية . إذ تقوم الأخيرة بتحويل إشارات التردد العالي المستقبلة إلى إشارات تردد متوسطة ، مساوية للفرق بين ترددات الاشارة المستقبلة وإشارة الهزاز المحلي ، محافظة أثناء ذلك على شكل الاشارة المستقبلة .

تعطى إشارة التردد المتوسط من مخرج المازج إلى مضخم التردد المتوسط حيث يقوم الأخير بتضخيمها . يعمل مضخم التردد المتوسط عادة على تردد 30 أو 60 ميغا هيرتز بعامل تضخيم يقدر بمئات الآلاف من المرات أو بالملايين . يقوم مضخم التردد المتوسط بتضخيم التشويش الصادر عن

الهوائي ودارات التضخيم الأولي والمازج ، على التوازي ، مع تضخيم الاشارة المفيدة . حتى إذا لم يكن هنالك تشويش خارجي على دخل المستقبل ، سيكون التشويش الحراري للهوائي ذي الاستطاعة . $KT.\Delta f_{Res}$ حيث هنا K ـ ثابت بولتسمان و T ـ درجة الحرارة بالدرجات (واط $KT = 4.2.10^{-2}$)؛ Δf_{Res} ـ عرض المجال الامراري للمستقبل ويحدد بواسطة المجال الامراري لمضخم التردد المتوسط .

يحدد عرض المجال الامراري لمضخم التردد المتوسط بعرض النبضة τ_S لإشارة المحطة بالمعادلة التالية :

$$\Delta f_{Res.} = \frac{a}{\tau_S} \quad (4\text{-}8)$$

حيث هنا ـ عامل ثابت (العلاقة العظمى إشارة/ تشويش عند مخرج مضخم التردد المتوسط ويحصل عليها عندما تكون a=1,38) .

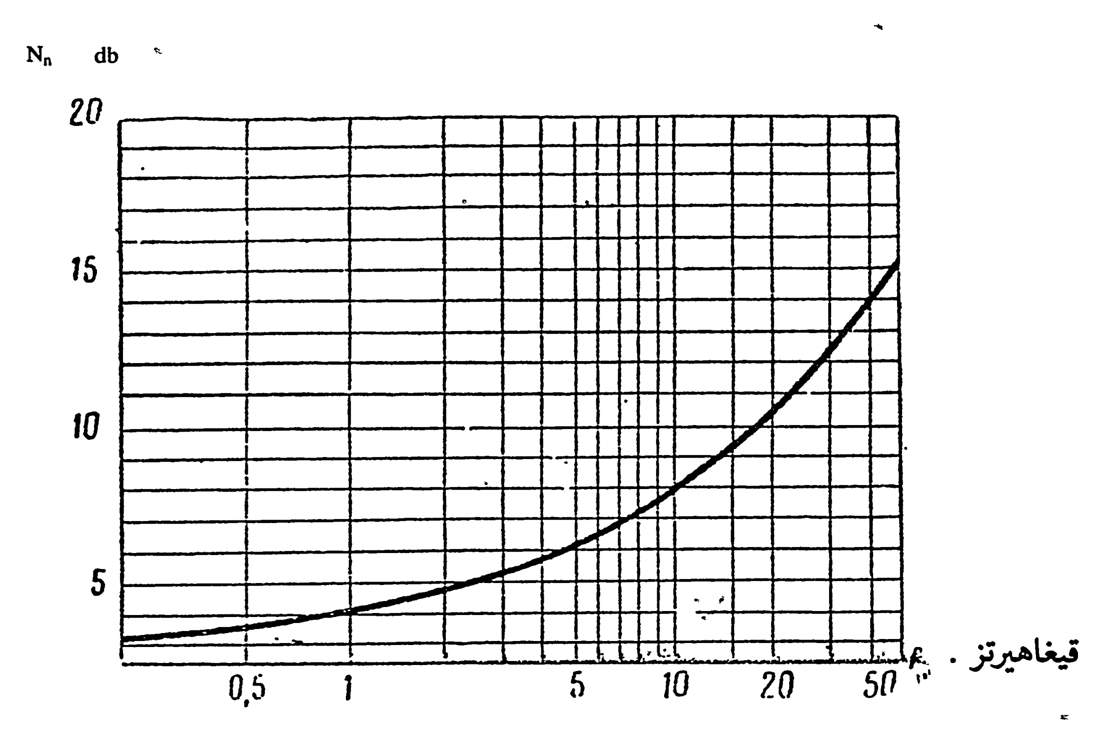
عادة ما يجري توسيع المجال الامراري لمضخم التردد المتوسط قليلا ، لكي نتحاشى عدم الاستقرار في تردد مرسل محطة الرادار والهزاز المحلي للمستقبل . يؤدي هذا إلى رفع مستوى التشويش الداخلي (الذاتي) للمستقبل وإلى إنقاص في مدى الكشف لمحطة الرادار .

تكون قيمة العلاقة إشارة/ تشويش على مخرج مضخم التردد المتوسط أقل منها على مدخل المستقبل ، لأنه يضاف إلى التشويش الداخل تشويش دارات المازج وتشويش مضخم التردد المتوسط . وتقوم الدارات اللاحقة بتضخيم هذا التشويش ايضاً .

يعبر عامل التشويش N_n للمستقبل عن مقدار التخفيض في قيمة العلاقة إشارة/ تشويش عند مرور الاشارة خلال المستقبل ، وعادة يكون هذا الانخفاض كبيراً . (الشكل 8–10) .

إلا أنه وفي حسابات كثيرة من الأسهل أن نعتبر المستقبل جهازاً مثالياً (لا يمتلك أي تشويش ذاتي) ، أما التقليل من قيمة العلاقة إشارة/ تشويش في المستقبل فتحسب بزيادة في N_n مرة لاستطاعة التشويش الداخل للمستقبل أي ان :

$$P_n = K.T.\Delta f_{Res.}\ N_n \quad (5\text{-}8)$$



الشكل (8–10)

مخطط علاقة عامل التشويش لمستقبل محطة الرادار بالتردد .

ومن الضروري لتعمل محطة الرادار بشكل طبيعي أن تكون استطاعة الاشارة المنعكسة عن الهدف P_{Res} عند مخرج مضخم التردد المتوسط في المستقبل ، بعدد محدد من المرات ـ متعلقة بنوع الكاشف والتجهيزات الأخيرة لمحطة الرادار ـ تزيد عن استطاعة التشويش أي أن :

$$P_{Res} \geqslant K_B . P_n \qquad (6\text{-}8)$$

حيث هنا K_B ـ عامل ثابت تتعلق قيمته بنوع محطة الرادار .

يرتبط بمخرج مضخم التردد المتوسط كاشف مطاطي ، يقوم باستخراج الشكل الخارجي للإشارة المستقبلة . تعطى الاشارة المكشوفه بعد تضخيمها في مضخم الفيديو إلى جهاز العرض ، الذي يحتوي في تركيبه عادة على صمام أشعة مهبطية .

عندما تعمل محطة الرادار على نظام البحث الدائري ، يتحرك الشعاع على الشاشة قطرياً انطلاقاً من مركزها إلى الأطراف ، بحيث تتطابق بداية كل دورة مع لحظة الاشعاع للإشارة النبضية اللاحقة . تتم عملية التزامن بين بداية خط اللمعان وإشارة الارسال بواسطة وحدة المزامنة . إذ يقوم

الأخير ، وبشكل دوري ، بإنتاج أوامر يجري بواسطتها ، في الوقت نفسه ، تشكيل إشارة معدلة في وحدة المعدل وتطلق مولد خط اللمعان الموجود في جهاز العرض للعمل ، الذي يقوم بتوليد جهد سن المنشار (أو تيار) يوجه حركة خط اللمعان على الشاشة . إلا أنه ومع مرور كامل الزمن ، وقبل أن تصل إلى مدخل جهاز العرض الاشارة الواردة من مكبر الفيديو في المستقبل ، لا تعطى إشارة الهدف ، ويتم تخميد خط اللمعان بواسطة جهد خاص ، وعندها لا تضيء الشاشة .

وتعمل الشاشة فقط في ذلك الزمن الذي خلاله تطبق ، على جهاز العرض ، الاشارة المنعكسة عن الهدف . وفي ذلك الوقت تشكل على الشاشة بقعة مضيئة .

عادة ، يتم اختيار التردد التكراري لاشارات محطة الرادار كبيراً بذلك القدر الذي يستطيع فيه المستقبل استقبال حزمة من الاشارات النبضية المنعكسة عن الهدف خلال وقت إنارة الهدف عند كل دورة بحث للهوائي . تقوم هذه الاشارات بإنارة الشاشة في المكان نفسه ونتيجة لذلك تقوم هذه الطاقة بتحريض الشاشة في ذلك المكان الذي يتوافق مع علامة الهدف ، وتكون شدة هذه الانارة متناسبة مع عدد الاشارات المنعكسة عن الهدف في الحزمة ويحدث الشيء نفسه في تلك الشاشات ذات العلاقة الخطية . أما التشويش الذي نحصل عليه من خرج مضخم الفيديو في المستقبل فإنه يسبب إنارة الشاشة عندما يكون ذا كثافة مناسبة ، وهو يمتلك صفة متغيرة عشوائياً . لهذا نلاحظ أن شدة اللمعان للشاشة الحاصلة من جراء التشويش تتزايد ببطىء أكبر مما هي عليه عند علامة الهدف . ونظراً لذلك فإن زيادة زمن إنارة الهدف (زيادة عدد الاشارات في الحزمة) تؤدي إلى زيادة قدرة التمييز لعلامة الهدف ، ولكن فقط إلى تلك الدرجة التي لا تصل فيها الشاشة إلى درجة الاشباع . يؤمن بقاء الأثر الاشعاعي الحفاظ على علامة الهدف على الشاشة حتى تنفيذ دورة كاملة لمسح الفراغ بعد ذلك تقوم الحزمة الجديدة من الاشارات المنعكسة بإنارة الشاشة ثانية ، راسمة عليها علامة الهدف .

إذا كانت سرعة حركة الحزمة بالزاوية على الشاشة ثابتة ، فعندها تصبح المسافة بين المركز والعلامة المضيئة (علامة الهدف) متناسبة طرداً مع الزمن الحاصل بين لحظتي الارسال والانعكاس للاشارات عن الهدف ، أي متناسبة طرداً مع مسافة الهدف . إذا كانت شاشة جهاز العرض (بالاتجاه) معيرة بوحدات المسافة (مع حساب سرعة دوران خط اللمعان) ، يمكننا أن نحدد المسافة بين محطة الرادار والهدف مباشرة .

يدور خط اللمعان المضيء للشاشة حول مركزها متزامناً مع دوران الهوائي . يسمح لنا هذا أن نحدد الاتجاه إلى الهدف في الوقت الذي ، نحدد فيه المسافة إليه ، ولهذا يقومون بتدريج المحيط الخارجي لشاشة العرض بالدرجات .

يمكننا قياس مدى عمل محطة الرادار النبضية على الشكل التالي . لنفترض أن الاستطاعة

النبضية لمحطة الرادار هي P_p ويتميز الهوائي المركب عليها بعامل تأثير موجه G_c . عندها تكون كثافة الحزمة الاستطاعية المرسلة إلى الهدف البعيد عن محطة الرادار بمسافة قدرها D تساوي :

$$\Pi = \frac{P_p.G_s}{4\pi.D^2} \qquad (7\text{-}8)$$

يمكننا أن نعتبر الهدف في هذه الحالة كغرض يمكنه أن يعكس الأشعة الواردة إليه بنفس المستوى من أي جهة كانت وذلك على حساب انعكاس الأشعة الثانوية .

$$P_T = \frac{P_P.G_S.}{4\pi.D^2}.\sigma \qquad (8\text{-}8)$$

حيث هنا σ ـ مساحة السطح العاكس للهدف ، وتتعلق بشكله وابعاده ، ووضعه في الفراغ ، وبطول موجة محطة الرادار المرسلة وبغيرها من العوامل .
إن استطاعة الاشارة ، المستقبلة من قبل هوائي محطة الرادار ، التي تتميز بسطح تخميد فعال A تساوي :

$$P_{in.} = \frac{P_P.G_S.\sigma}{16\pi^2.D^4}.A \qquad (9\text{-}8)$$

وإذا اعتبرنا أن المسافة الأعظمية هي D_{max} فيجب أن تكون المساواة التالية صحيحة وهي $P_{in}= K_B.P_n.$ وعندها نحصل على :

$$D_{max.} = \sqrt[4]{\frac{P_P.G_S.\sigma}{16\pi^2.K_B.P_n}} \qquad (10\text{-}8)$$

وإذا أخذنا بعين الاعتبار المعادلة (8-3) نحصل على .

$$D_{max.} = \sqrt[4]{\frac{P_P.G_S.\lambda^2.\sigma}{64.\pi^3.K_B.P_n}};$$

وإذا بدلنا بالمعادلة (8-4) وأخذنا بعين الاعتبار علاقة استطاعة التشويش بالمجال الامراري للمستقبل (8-5) نحصل على :

$$D_{max.} = \sqrt[4]{\frac{P_P.\tau_P.G_S.\mathfrak{S}.\lambda^2}{64.\pi^3.K_B.N_O}} ;$$

حيث هنا N_o ـ استطاعة التشويش الداخل إلى المستقبل على واحدة من مجاله الامراري (الكثافة الطيفية لاستطاعة التشويش) .

أما القيمة $P_p.\tau_p$ عند تردد معطى لاشارات متلاحقة فتتناسب طرداً مع استطاعة محطة الرادار .

بهذا الشكل يكون مدى عمل محطة الرادار في الظروف المتساوية الثابتة أكبر بذلك القدر ، الذي تكون فيه الاستطاعة المتوسطة لمحطة الرادار كبيرة ، وتتناسب عكساً مع مستوى التشويش المؤثر على مدخل المستقبل .

وإذا أخذنا بعين الاعتبار مقدرة التجهيزات النهائية لمستقبلات محطة الرادار على تجمع الاشارات المستقبلة فعندها يمكن أن نرى أن مدى أي محطة رادار يحدد بعلاقة قدرة حزمة الاشارات النبضية المستقبلة خلال دور واحد من البحث بالكثافة الطيفية لاستطاعة التشويش .

ثالثاً : محطات رادار ملاحقة الأهداف بالاتجاه ، بالمسافة وبالسرعة :

تعمل محطات الرادار العاملة بشكل مباشر في منظومات توجيه السلاح (على سبيل المثال ، محطات رادار التسديد في المطاردات ، محددات الاحداثيات الرادارية لرؤوس التوجيه الذاتي للصواريخ) ، على أنظمة الملاحقة الأوتوماتيكية للهدف باحداثي واحد أو بعدة احداثيات ، إلى جانب أنظمة العمل المتعلقة بكشف المجال والبحث عن الأهداف ومثل هذه الاحداثيات يمكن أن تكون الاتجاه ، زاوية المكان والمسافة والسرعة للهدف .

تحصل محطة الرادار عند عملها على نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالاتجاه (الاتجاه وزاوية المكان) على معلومات مستمرة عن الوضع الزاوي للهدف . يمكن استخدام هذه المعلومات مستقبلاً ـ على سبيل المثال ـ لانتاج أوامر توجيه دفات الصاروخ . ومثل هذا التعريف يمكننا أن نعطيه لنظام الملاحقة الأوتوماتيكي بالمسافة والسرعة .

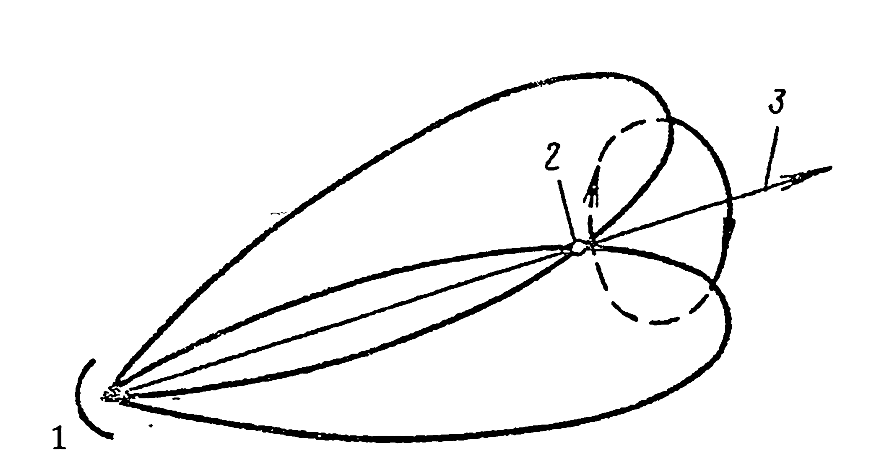
الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه . يستخدم في الأنظمة الراديوية الفنية لتوجيه السلاح بشكل واسع ، طريقتان لبناء أنظمة الملاحقة الأوتوماتيكية للهدف بالاتجاه :

ذات القنال الواحد (المسح المخروطي) وذات القنالين (النبضة الواحدة) . يدور هوائي الرادار

اثناء المسح المخروطي (الوريقة الرئيسة للمخطط الاشعاعي) في الفراغ ، بحيث يكون محور حركته متحركاً حسب المخروط الدائري المتشكل .

إذا كان عرض الوريقة الرئيسة أكبر من زاوية قمة المخروط ، فعندها سيشكل الهوائي على طول المحور البصري اتجاه متساوي الاشارات . يمكننا أن نحصل على مثل هذه الحركة للوريقة الرئيسة ـ على سبيل المثال ـ عندما يتألف الهوائي من عاكس على شكل جزء من شبه قطع مكافىء دوراني ومشع متوضع في محرق شبه قطع المكافىء ويدور حول المحور المحرقي .

إذا وقع الهدف على محور المخروط ، عندها وعندما يكون شكل الوريقة الرئيسة متناظراً تصبح قيمة الاشارة المنعكسة ثابتة بسبب دوران (مسح) الوريقة . وعندما ينحرف الهدف عن محور المخروط ، يتغير عامل تضخيم الهوائي بشكل دوري مع تغيير تردد دوران المخطط الاشبعاعي (تردد المسح) وبالتالي ومع هذا التغيير الدوري يتغير مطال الاشارة المنعكسة عن الهدف . ويتعلق عامل التعديل والطور الأول له بالوضع الزاوي للهدف بالنسبة إلى اتجاه الهوائي المتساوي الاشارة ويمكنه أن يستخدم لتحديد الاتجاه .



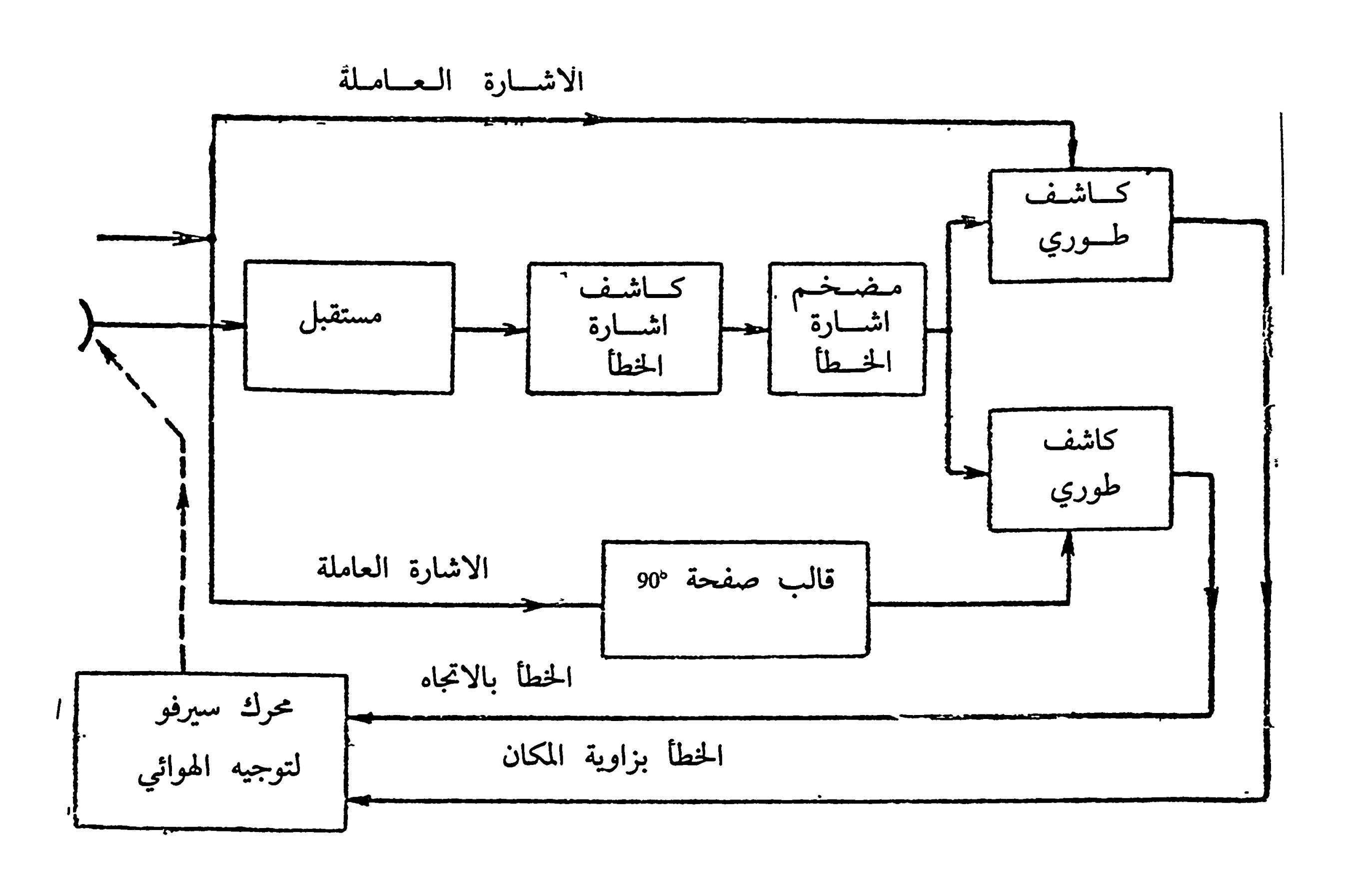
الشكل (8-11)

المخطط الاحداثي الاشعاعي لهوائي محطة الرادار ذات المسح المخروطي .

1 ـ الهوائي 2 ـ نقطة الصفر 3 ـ محور الهوائي .

يعرض هذا المبدأ الوارد سابقاً على المخطط الصندوقي الموضح على الشكل (8–12) . تدخل الاشارات المعدلة بالمطال ، بواسطة مسح الهوائي ، والمنعكسة عن الأهداف بعد تضخيمها وكشفها إلى المستقبل - إلى دارة كاشف إشارة الخطأ . وعندما يكون الهدف منحرفاً عن الاتجاه المتساوي الاشارات وبالتالي تكون الاشارات المنعكسة معدلة بالمطال حسب تردد مسح الهوائي ، نحصل من مخرج كاشف إشارة الخطأ على جهد جيبي ذي تردد يساوي تردد المسح .

يتم تضخيم هذا الجهد بمضخم إشارة الخطأ ، المولف على تردد المسح ويتميز بمجال امراري ضيق نسبياً يتناسب مطال جهد خرج مضخم إشارة الخطأ طرداً مع الانحراف الزاوي للهدف عن الاتجاه المتساوي الاشارات اما الطور الأولي فباتجاه هذا الانحراف الذي يحسب انطلاقاً من مستوى معين ما . يرتبط بمخرج مضخم إشارة الخطأ كاشفا طور ، تعطى اليهما من تجهيزات توجيه دوران



الشكل (8–12)

المخطط الصندوقي لمحدد احداثيات زاوي راداري ذا المسح المخروطي .

الهوائي إشارات (جهود) . يوصل مع دارة الاشارة لأحد كاشفي الطور قالب صفحة ، يقوم بتخزين الطور بمقدار 90 درجة لتشكل على مخرجي كاشفي الطور جهدان ، ينجزان تناسب طردي مع مقدار انزياح الهدف بالنسبة للاتجاه المتساوي الاشارات للهوائي في مستويين متعامدين مع بعضهما البعض ، على سبيل المثال ، في مستوى الاتجاه ومستوى زاوية المكان . تعطى هذه الجهود إلى محركي سيرفو ، يقومان بتوجيه وضع الهوائي في الفراغ أي إلى وضع الاتجاه المتساوي للاشارات . تقوم محركات السيرفو بتدوير الهوائي حسب التسلسل في المستويين الأفقي والعمودي حتى تلك اللحظة التي تقترب منها إشارة الخطأ من الصفر ، أي أنه حتى يصبح الهدف على الاتجاه المتساوي للاشارات .

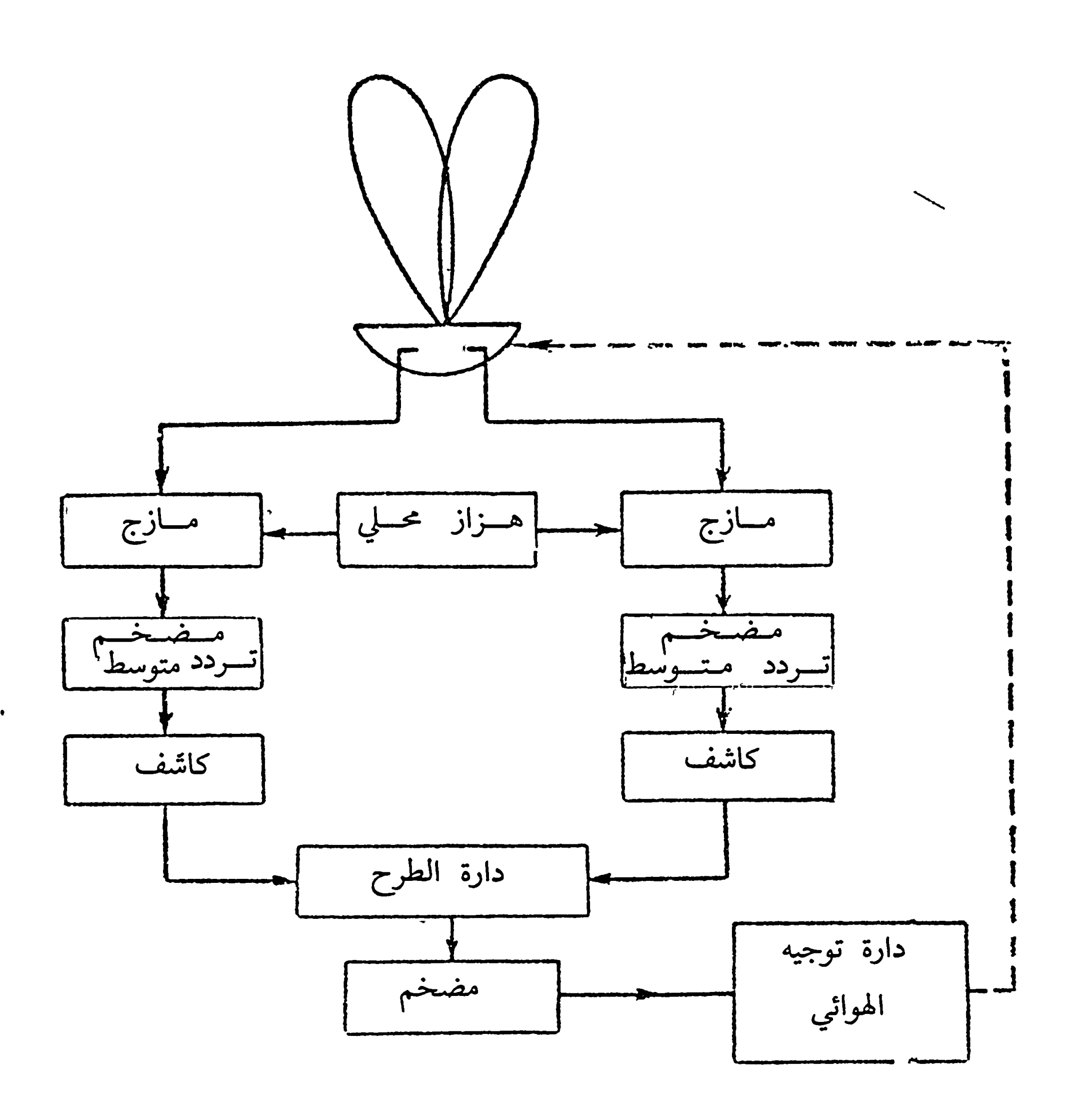
بهذا الشكل يصبح الاتجاه المتساوي الاشارات لهوائي محطة الرادار بدقة تساوي قيمة إشارة الخطأ بالملاحقة ودائماً يتجه إلى الهدف .

وعند تنظيم عملية الصراع الألكتروني بواسطة محددات الاتجاه ، من الأهمية بمكان معرفة تردد مسح المحطات الرادارية المراد التأثير عليها . وهو عادة يساوي (30—80) هيرتز وأحياناً مئات الهيرتزات .

وأثناء العمل على طريقة النبضة الواحدة يحدد الاحداثي الزاوي للهدف في كل مستو من المستويات المتعامدة بمقارنة خواص الاشارات (المطال ، التردد أو الطور) ، المستقبلة في الوقت نفسه من قبل هوائيين مختلفين بالمكان لا يعملان على نظام المسح . ويمكن استخراج المعلومات عن الاحداثيات الزاوية في نفس الوقت الذي تصل فيه الاشارة إلى هوائي الاستقبال . عادة ، يسمون مثل هذا النظام بالنظام ذي المنطقة المتساوية الاشارات الآني أو بالنظام مقارن الاشارات الآني .

تنتمي محطات الرادار ذات المسح المخروطي إلى أنظمة ذات المنطقة المتساوية الاشارات التكاملية (مقارن الاشارات المتسلسل) .

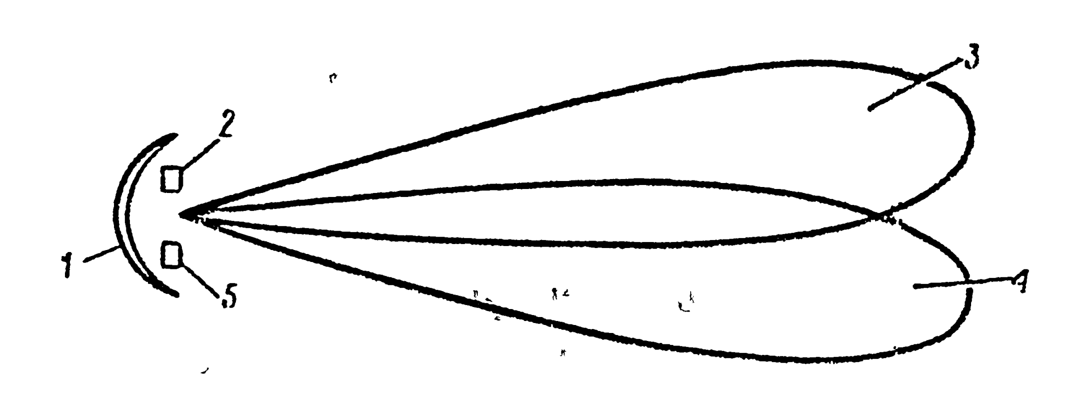
يوضح الشكل (8—13) النظام الهوائي لمحطة الرادار أحادية النبضات الكلاسيكية وهو يتشكل من 4هوائيات ، متوضعة بشكل مزدوج في المستويين الأفقي والعمودي أمام العاكس المشترك . ولكي نستطيع تحديد الاتجاه إلى الهدف ، نقوم بمقارنة مطالات الاشارات ، المستقبلة من قبل هوائيين وبعدها المضخمة والمكشوفة بواسطة مستقبلين متشابهي المواصفات .



الشكل (8-13)

المخطط الصندوقي لقنال قياس الزاوية في محطة الرادار أحادية النبضة .

تشكل مخططات الاشعاع للهوائيات اتجاه متساوي الاشارات (الشكل 8-14) . وعندما يقع الهدف على ذلك الاتجاه ، حيث مطالات اشارات الدخل متساوية وأيضاً مطالات إشارات خرج المستقبلين ، عندها لا يظهر على مخرج تجهيزات الحاسب المربوط معهما أية إشارة وعند انحراف الهدف عن الاتجاه ، المتساوي الاشارات سوف تصبح مطالات الاشارات الداخلة وبالتالي الخارجة غير متساوية ويظهر على مخرج تجهيزات الحاسب جهد ، تحدد قيمته وإشارته اتجاه وقيمة انحراف الهدف . يستخدم هذا الجهد لتدوير الهوائي بذلك الشكل ، الذي تصبح فيه الإشارة على مخرج دارة الطرح مساوية للصفر . وبهذا الشكل يصبح الهدف في الاتجاه المتساوي الاشارات .



الشكل (8-14)

المخطط الاشعاعي لهوائي محطة الرادار أحادية النبضة أثناء عملها على طريقة الملاحقة الزاوية بالمطال

1 ـ العاكس ، 2، 5ـ المشعات A , B ، 3 , 4 ـ اشعة A , B

تنحصر الميزة السيئة لهذا النوع من محطات الرادار في أن مطالات إشارات دخلها يمكن أن تصبح مساوية للعتبة العليا لمستقبل محطة الرادار (على سبيل المثال ، في الحالة التي تقترب فيها محطة رادار الملاحقة من الهدف) . وعندها تختفي المعلومات عن الوضع الزاوي للهدف ، لأنها عبارة عن الفرق بين مطالات الاشارات ، المستقبلة من قبل المستقبلين في آن واحد . ولكي نتجنب حدوث ذلك ، نستخدم الطرق الطورية لتحديد الاحداثيات الزاوية (التسديد) إلى الهدف . عندها نحصل على الوضع الزاوي عن الهدف من فرق الأطوار لاشارات التردد العالي ، المستقبلة من قبل المستقبلين المختلفي التوضع (في كل سطح تسديدي) . انظر الشكل (8-15) .

يتموضع الهوائيان ، اللذان يعملان على قنال واحد ، بذلك الشكل ، الذي تكون فيه محاور المخططات الإشعاعية الاحداثية بعيدة عن بعضها البعض بمسافة قدرها ΔL ومتوازية ويسمى الخط الواصل بين الهوائيات قاعدة نظام الهوائيات ، إذا كان الهدف يقع في ذلك المكان ، الذي يمكننا أن نسدد عليه من مركز القاعدة بزاوية ما $\gamma \neq 0$ وتقاس اعتباراً من الخط العمودي الصاعد من منتصف القاعدة ، فعندها نستطيع أن نميز بين الاشارات المستقبلة من قبل الهوائيين طورياً . وينتج الانحراف الطوري بينهما لأن المسافة بين الهدف وكلا الهوائيين مختلفة عندما تكون الزاوية $\gamma \neq 0$

وتصبح الاشارات المستقبلة في كل هوائي تساوي :

$$U_{S_1} = K_1 . F(\gamma) . \cos wt;$$

$$U_{S_2} = K_2 . F(\gamma) . \cos(wt - \psi);$$

حيث هنا :

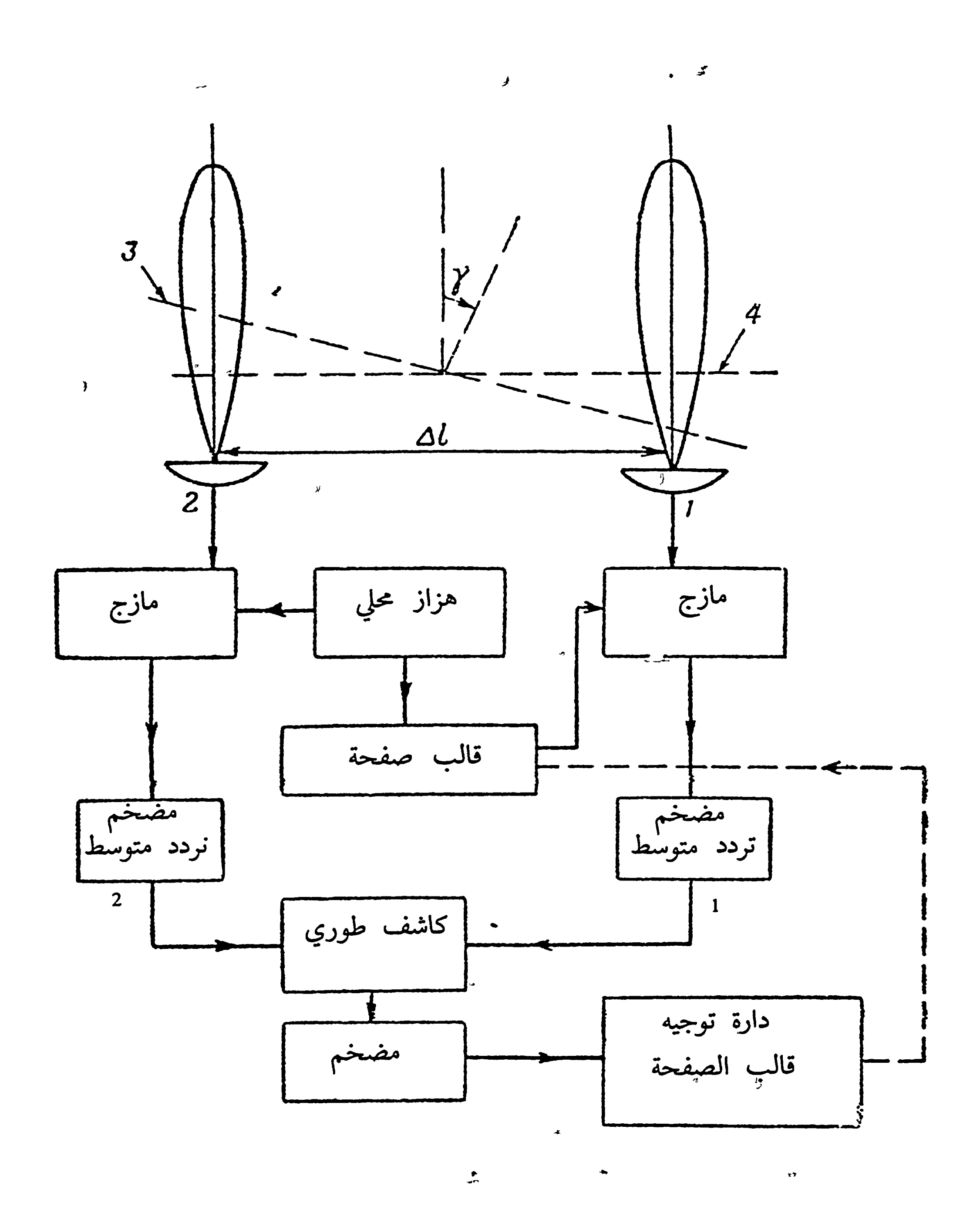
K_1, K_2 ـ ثوابت .

$F(\gamma)$ ـ المخطط الاشعاعي الاحداثي للهوائي .

ω ـ التردد الحامل لمحطة الرادار .

ψ ـ التأخير الطوري للاشارة .

$$\psi = 2\pi \frac{\Delta L}{\lambda} . \sin\gamma \qquad (11\text{-}8)$$



الشكل (8-15)

المخطط الصندوقي لمحطة رادار أحادية النبضة تعمل على مبدأ الفرق الطوري . 1 ، 2 الهوائيات ، 3 ـ جهة الموجة عند إنزياح الهدف عن محور الهوائي ، 4 ـ جهة الموجة عند دخول الهدف في محور الهوائي .

تذهب الاشارات المستقبلة من مخرج كلا الهوائيين إلى المازجات . يعطى جهد القنال الأولى للهزاز المحلي إلى المازج خلال قالب الطور ، ولهذا يصبح جهد الاشارة على مخرج مضخم التردد المتوسط لهذه القنال هو :

$$U_1 = K_1.K_{Y1}.F_1 (\gamma).\ \cos (wt-\psi_\phi-\psi_1)$$

وعلى مخرج مضخم التردد المتوسط للقنال الثانية :

$$U_{1'} = K_2.K_{Y2}.F_2 (\gamma).\ \cos (wt-\psi_\phi-\psi_2)$$

حيث هنا :

$\phi .\psi$ ـ الانزياح الطوري ، الذي يبينه قالب الصفحة .

ψ_2, ψ_1 ـ التأخير الطوري في مضخم التردد المتوسط للقنالين الأولى والثانية .

K_{y2}, K_{y1} ـ عاملا تضخيم القنالين الأولى والثانية لمضخم التردد المتوسط .

أما الاشارة على مخرج الكاشف الطوري فتصبح :

$$U_{OUt.} = C.F_1 (\gamma).\ F_2 (\gamma).\ \cos \left[(\psi_\phi-\psi)+(\psi_1-\psi_2)\right] \qquad (12\text{-}8)$$

حيث C ـ قيمة ثابتة ، تتعلق بعوامل التضخيم لمضخمات التردد المتوسط .

إذا كانت كلا قنالا التضخيم متماثلتين ، فعندها يكون التأخير الطوري لكل منهما مساوياً للآخر $(\psi_1-\psi_2=0)$. عندها يكون الهدف واقعاً على الاتجاه المتساوي الاشارات والجهد الخرجي للكاشف الطوري مساوياً للصفر ، إذا أنتج قالب الصفحة تأخيراً طورياً قدره 90° . عند انزياح الهدف عن الاتجاه المتساوي الاشارات سيصبح الجهد الخرجي لقالب الصفحة مختلفاً عن الصفر وعندها تستخدم دارة توجيه قالب الصفحة ، التي تقوم بتغيير قيمة تأخير قالب الصفحة وتعيد قيمة الجهد الخرجي للكاشف الطوري إلى الصفر . وبهذا الشكل تتم عملية متابعة الاحداثي الزاوي للهدف المأخوذ على الملاحقة اللااوتوماتيكية .

والمتطلبات العامة الواجب توفرها في محطات الرادار التي تعمل على الأنظمة أحادية النبضات والمشروحة سابقاً هي : ألتماثل في مواصفات قنالي محطة الرادار (عامل التضخيم ـ في التأخيرات الطورية المطالية ـ في الأنظمة الطورية المتباعدة) . من الصعوبة بمكان تحقيق مثل هذه المتطلبات وخاصة في الأنظمة الطائرة ، بسبب التحديد في الوزن والأبعاد للتجهيزات الرادارية وتعقيد ظروف

استخدامها (ضرورة تأمين الثبات بالمواصفات عند الانتقال إلى هذه الظروف الجديدة وانزياحها المتساوي عند التغير في درجة الحرارة والضغط وغيرها) .

ولكي نتجنب حدوث مثل هذه المصاعب ، نستخدم نظاماً يحتوي على قنال واحد للتعامل مع الاشارة ، وهوائيات ثابتة ، والمخطط الاشعاعي الاحداثي المرسوم في الشكل (8-15) يوضح ذلك . إذ توصل الهوائيات بشكل دوري بخط التعامل مع الاشارة .

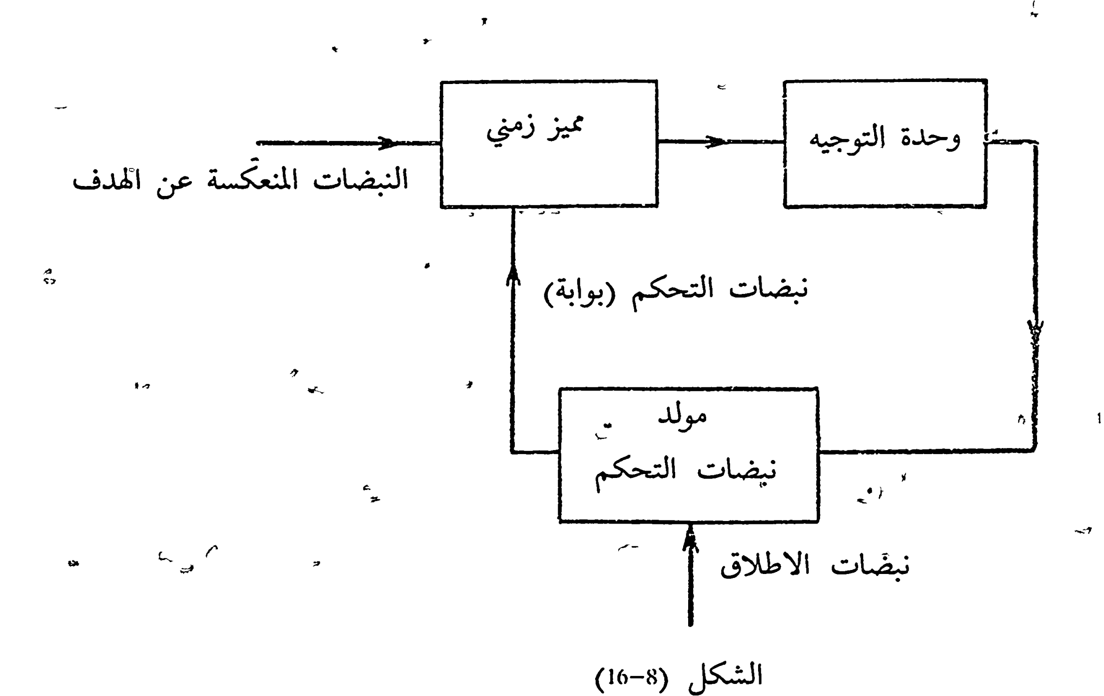
إذا وقعت الاشارة في الاتجاه المتساوي الاشارات للهوائي ، لا تتغير قيمة المواصفة المقارنة للاشارة (وفي الحالة المدروسة مطالها) أثناء الانتقال للعمل من هوائي إلى آخر . وعند الانحراف عن الاتجاه المتساوي الاشارات تتغير مطالات اشارات الدخل والخرج المستقبل في الخط في لحظات الانتقال من هوائي إلى آخر . وسوف يعدل جهد آلخرج بالمطال ويصبح تقريباً عبارة عن اشارة مربعة ذات تردد يساوي تردد الانتقال من هوائي إلى آخر .

يشاد نظام انتاج الوضع الزاوي للهوائي بذلك الشكل ، الذي تصبح فيه المركبة الكلية لجهد الخرج للمستقبل مزاحة بواسطته إلى الصفر . وعندها يصبح الاتجاه المتساوي الاشارات للهوائي ناظراً إلى الهدف الملاحق .

الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالمسافة . تحتوي أغلبية الأنظمة الرادارية لتوجيه الأسلحة ، التي تعمل على النظام النبضي على أقنية لملاحقة الهدف اوتوماتيكية بالمسافة ، تسمح هذه الأقنية بدون تدخل عامل الرادار الحصول على المسافة إلى الهدف المأخوذ على الملاحقة بشكل دائم ، بشكل يتناسب طرداً مع جهده . يمكن استخدام المعلومات المحصول عليها ـ على سبيل المثال ـ لتوجيه دارة إطلاق مستقبل (دخل) محطة الرادار .

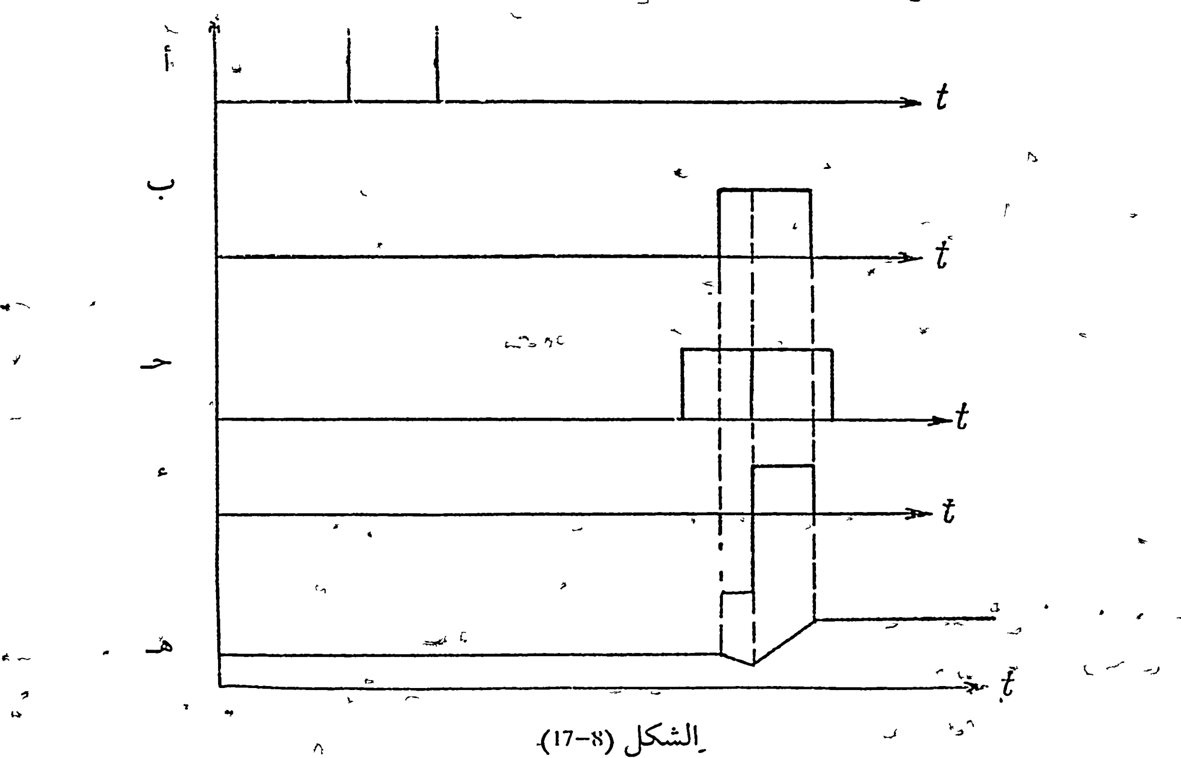
تقوم دارة التحكم (الاطلاق) بالمسافة بفتح المستقبل فقط في ذلك ، الزمن الذي يتوقع فيه وصول اشارات منعكسة عن الهدف أي خلال جزء محدد من المسافة . أما في باقي الزمن فيكون المستقبل مغلقاً ، ولا تمرر أية اشارات من أهداف أخرى ، كما ان اشارات التشويش لا تمرر كذلك ولا تصل إلى التجهيزات النهائية لمحطة الرادار . وبما أن المسافة إلى الهدف عادة ما تتغير ، فيجب أن يتغير وضع نبضة الاطلاق زمنياً وإذا لم يحدث ذلك نكون قد فقدنا الهدف .

يوضح الشكل (8-16) المخطط الصندوقي لأحد أنواع دارة الملاحقة الأوتوماتيكية بالمسافة للهدف ، أما الشكل (8-17) فيوضح المخطط البياني الزمني لعملها .



الشكل (8-16)

المخطط الصندوقي لدارة الملاحقة الأوتوماتيكية للهدف بالمسافة.



الشكل (8-17)

المخطط الإحداثي الزمني للجهود في مختلف نقاط دارة الملاحقة الأوتوماتيكية للهدف بالمسافة .

أ ـ الإشارات الأمامية ، ب ـ الإشارات المنعكسة ، جـ ـ نبضات التحكم (بوابات) ، د ـ إشارات المميز ، هـ ـ الجهد الموجه .

يستخدم في مثل هذه الدارات عادة نبضات تحكم ـ أمامية وخلفية . يتم انتاج هاتين النبضتين في مولد نبضات التحكم وتوزع على المحور الزمني بذلك الشكل الذي يكون فيه إحدى نصفي الاشارة المنعكسة عن الهدف مغطاة بالنبضة الأمامية أما الثانية ـ الخلفية فتغطي نبضة التحكم .

تعطى نبضات التحكم إلى أحد مداخل المميز الزمني ، أما على المدخل الثاني فتعطى الاشارة المنعكسة عن الهدف . إن إشارة خرج المميز الزمني هي عبارة عن نبضتين تأتي إحداهما بعد الأخرى على شكل جهد أو تيار ، لهما مطالين متساويين ، إلا أنهما مختلفتان بالقطبية .

عندما يتطابق منصف نبضة الهدف زمنياً مع منصف زوج نبضات التحكم ، يصبح عرض نبضات خرج المميز الزمني متساوية . إذا خُرق التناظر بين توضع الاشارة المنعكسة ونبضات التحكم ، تُخرق كذلك ظروف المساواة في عرض نبضات خرج المميز الزمني . وفي الحالة الأخيرة تقوم / دارة التوجيه بإنتاج إشارة تعطى إلى مولد نبضات التحكم وبهذا تبدل من توضعها الزمني (التأخير الزمني بالنسبة للاشارة الأمامية) ،وهذا الشيء يعدل الخرق في التناظر مرة أخرى .

بهذا الشكل ، فعندما تتغير الفجوة الزمنية بين الاشارتين الأمامية والمنعكسة عن الهدف بسبب تغير مسافة الهدف ، فإنه بشكل أتوماتيكي ومتزامن تتبدل التموضعات الزمنية لنبضات التحكم ونتيجة لذلك يصبح المستقبل مفتوحاً في لحظة وصول كل إشارة منعكسة قادمة من الهدف .

بما أن جهد دخل دارة التحكم يمتلك صفة نبضية ، ادخل إلى هذه الدارة دارة تكامل ، تقوم بتذكر المسافة الآنية إلى الهدف .

أما التغيرات في مطال الاشارات المنعكسة فيتم التحكم فيها والقضاء عليها بما يسمى بدارة التغيير الاوتوماتيكي للتضخيم ، توجد في مستقبل محطة الرادار ، أو عن طريق تحديد هذه الاشارات ، الأمر الذي يؤمن ثبات في مطالات اشارات الهدف عند مدخل دارة ملاحقة الهدف بالمسافة . ونتيجة لذلك لا تتعلق قيمة الجهد الموجه للتموضع الزمني لنبضات التحكم بمقاسات الهدف والمسافة إليه .

على التوازي مع عملية التحكم بعمل المستقبل يمكن استخدام نبضات التحكم في المسافة في وحدات أخرى وأقنية رادارية أخرى .

الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالسرعة . يمكننا وبنجاح استخدام محطات الرادار ذات الاشعاع المستمر في أنظمة توجيه الأسلحة . ومثل هذه المحطات يمكنها استقبال والتقاط الاشارات المنعكسة عن الأهداف الصغيرة والمتحركة ونقلها إلى الملاحقة الأوتوماتيكية على أرضية ظلال الاشارات الأكثر قوة ، المنعكسة عن الأهداف غير المتحركة . وفي أغلب الحيان يمكننا هذا من توسيع الامكانيات

التكتيكية لمنظومات توجيه السلاح . فعلى سبيل المثال ، عندما تقوم محطة الرادار النبضية المركبة على طائرة مطاردة بملاحقة طائرة ـ هدف ، تطير على ارتفاع منخفض أدنى من ارتفاع طيران المطاردة ، عندها تؤثر اشارة الهدف على مدخل المستقبل سوية مع الاشارة المنعكسة عن الارض (أو البحر) . عندها يظهر أن البقعة المضيئة التي تدل عن انعكاس الأمواج كبيرة جداً (على شاشة الرادار) ، نظراً لأن استطاعة إشارة التشويش أكبر بكثير من استطاعة اشارة الهدف . وعندها يصبح تمييز أو إظهار الأخيرة من الصعوبة بمكان أو أحياناً مستحيلاً .

تؤمن لنا الأنظمة الرادارية ذات الاشعاع المستمر تمييزاً أو فصلاً للاشارات المنعكسة عن الأهداف المتحركة عن تلك المنعكسة عن الأهداف الثابتة . يعتمد هذا العمل على ما يسمى بأثر دوبلر لانزياح تردد الذبذبات الكهرطيسية المنعكسة أو المرسلة من مواقع أو أهداف متحركة بالنسبة لمستقبل المحطة . إذا كان لدينا مصدر ذبذبات f_0 ومستقبل يقتربان من بعضهما البعض بسرعة V ، عندها يصبح تردد الاشارات ، التي يرصدها المستقبل أكبر قيمة من تردد ذبذبات المصدر نفسه ، وعندما يكونان بوضع متباعد فتصبح f أصغر من f_0 . يمكننا أن نوضح هذه الظاهرة على الشكل الآتي :

لنفرض أن المستقبل (الشكل 8–18) مركب على قاعدة متحركة ، تسير بسرعة V ، وتقترب من المرسل الثابت A ، الذي يقوم بارسال اشارة جيبية مستمرة .

$$U_1 = U_1 . \sin Wot.$$

بتردد $f_0=\omega 0/2\pi$. نفترض أنه في الزمن t=o كان المستقبل على مسافة D_o من المرسل . عندها وعندما يصبح الزمن t>0 سوف يستقبل المستقبل الذبذبات

$$U_2 = U_2 . \sin Wo \left(t - \frac{D_O - V_t}{C}\right);$$

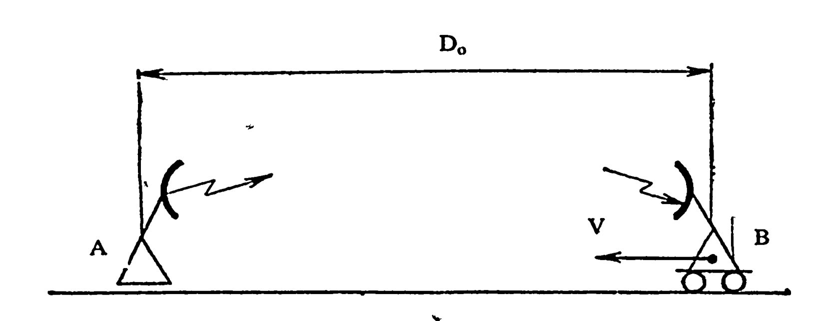
حيث هنا C ـ سرعة الضوء .

أما تردد هذه الذبذبات فيمكن تحديدها عن طريق تفاضل أطوارها .

$$f_2 = \frac{w2}{2\pi} = \frac{wo}{2\pi} \left(1 + \frac{V}{C}\right) = fo\left(1 + \frac{V}{C}\right)$$

تسمى القيمة f_0v/c ـ الانزياح الدوبلري بالتردد . وليس صعباً توضيح منشأه ، إذا أخذنا بعين الاعتبار أن $t_1=D_0/V$ ، وعندما يقطع المستقبل مسافة D_0 ، فإنه سوف يلتقط كل تلك الموجات ، التي تمر خلال المسافة D_0 في لحظة $t=0$ وكذلك جميع الموجات ، التي أرسلت من المرسل خلال زمن حركة المستقبل ، أي كل الموجات المرسلة من قبل المرسل خلال الزمن .

$$t = \frac{D_0}{V} + \frac{D_0}{C}$$



الشكل (8-18).

رسم توضيحي لأثر دوبلر بالتردد .

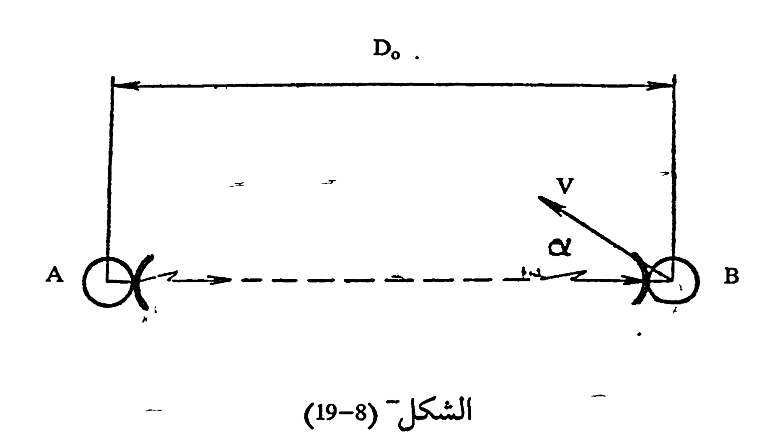
بهذا الشكل يصبح تردد الذبذبات المسجلة (المستقبلة) .

$$f = \frac{f_0\left(\frac{D_0}{V} + \frac{D_0}{C}\right)}{\frac{D_0}{V}} = f_0\left(1 + \frac{V}{C}\right)$$

وقيمة هذا التردد سوف تزيد عن قيمة تردد المرسل بمقدار الانزياح الدوبلري .

إذا كان شعاع سرعة حركة المستقبل V فسوف يشكل مع القطعة المستقيمة $AB(D_0)$ زاوية ما α (الشكل 8–19) . فعندها سوف يصبح الانزياح الدوبلري بالتردد متعلقاً ليس فقط بقيمة السرعة V بل وبمقدار الزاوية α .

$$F_D = \frac{V}{C} . fo. \cos\gamma;$$



الشكل (8–19)

شكل توضيحي لنشوء اثر دوبلر في الانزياح الترددي .

تقطع الاشارات ، المرسلة من مرسل محطة الرادار المتحركة بالنسبة لمحطة الرادار (الهدف) ، والمنعكسة ، مرتان المسافة بين الهدف والمحطة . وهذا يؤدي إلى مضاعفة الانزياح الدوبلري الترددي .

بهذا الشكل تنطبق المعادلة التالية على الأنظمة الرادارية .

$$F_D = 2 \frac{V}{C} . fo. \cos\alpha; \qquad (13\text{-}8)$$

نستنتج أن الاشارات المنعكسة عن الأهداف ، والمتحركة بسرعات مختلفة ، تتميز بترددات مختلفة ويمكننا أن نفصلها بعضها عن الآخر بواسطة فلاتر ذات مجالات إمرار ضيقة بالتردد . تستخدم مثل هذه الامكانية في محطات الرادار ذات الاشعاع المستمر .

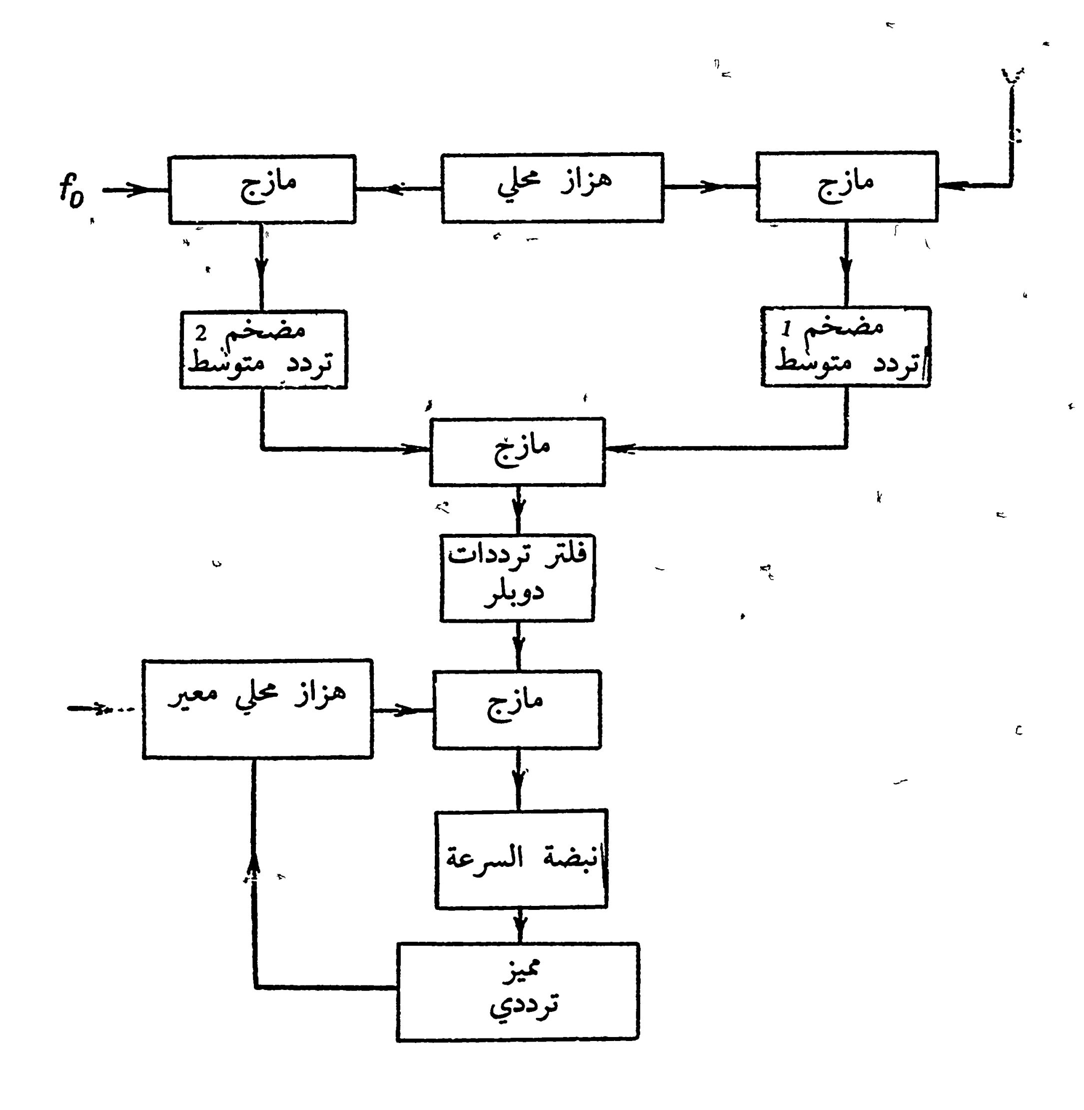
يتوجب على نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالسرعة أن يولف وبشكل أوتوماتيكي الفلتر المناسب حسب تغير التردد الدوبلري ، الذي يحصل في تلك الحالات عندما تتغير سرعة الهدف المأخوذ على الملاحقة الاوتوماتيكية .

يوضح الشكل (8–20) إحدى احتمالات المخطط الصندوقي لدارة الملاحقة الاوتوماتيكية بالتردد (التردد الدوبلري) . فالاشارة العاملة ذات التردد f_0 تساوي تردد الاشارة الأمامية لمحطة الرادار ، والاشارة المنعكسة عن الهدف المتحرك ذات التردد f_0+f_D تعطى إلى مازجين ، مرتبطان بهزاز محلي واحد عام . تضخم الاشارات المشكلة في المازجين ، ذات التردد المتوسط 1 ، 2 وتعطى إلى المازج الثاني . تعمل الدارات الأخيرة لمضخم التردد المتوسط على نظام التحديد بالمطال . تقوم الاشارة الثابتة بالمطال ، الخرجية لهذا القنال كهزاز محلي لجهد خرج مضخم التردد المتوسط ـ 1 . يرتبط بمخرج المازج الثاني فلتر مجاله الامراري يتضمن كامل مجال الترددات الدوبلرية الممكنة . يمرر هذا الفلتر إشارة مركبة ذات تردد f_D من كامل اشارات دخل المازج الثاني ويضخمها .

تذهب اشارة التردد الدوبلري إلى المازج الثالث حيث هنالك يتم خلطها (مزجها) مع إشارة الهزاز المحلي المعير . تمر الاشارة المشكلة ذات التردد المتوسط الثاني خلال مضخم ذي مجال إمرار ضيق ـ نبضة التحكم بالسرعة . يحدد عرض المجال الامراري لنبضة التحكم بالسرعة ، التي عادة تكون ليست بالكبيرة ، الأمكانية الامرارية العامة لمحطة الرادار بالسرعة أي قدرة محطة الرادار وبشكل منفصل ، على التعامل مع الاشارات ، المنعكسة عن الاهداف ، التي تتحرك بسرعات مختلفة .

ولتحديد الانحراف بالتردد للاشارة المتحركة ضمن نبضة المسافة عن القيمة المعطاة ، ربط على مخرج البوابة (المتحكمة) مميز ترددي ينتج جهداً ، قيمته تتناسب طرداً مع الفرق بين تردد الاشارة والتردد المركزي لتوليف المميز . يمكننا باستخدام هذا الجهد أن نقوم بتوليف تردد الهزاز المحلي المعير بذلك الشكل ، الذي فيه يعود الفرق بين الترددين السابقي الذكر لينتهي إلى الصفر بخطأ يصل حتى قيمة خطأ الملاحقة .

بهذا الشكل ، وإذا بدأت سرعة الهدف الملتقط على الملاحقة بالتغير ، بالتالي سوف يتغير الانحراف الدوبلري بالتردد الشيء الذي يؤدي إلى تغير في تردد الاشارة ضمن بوابة السرعة . وتظهر هذه الاشارات كأنها غير متطابقة (بالتردد) مع التردد المركزي لتوليف المميز . نتيجة لذلك يظهر على مخرج المميز جهد عدم التوافق ، الذي بمساعدته ، يقوم ، على سبيل المثال ، الصمام بإعادة توليف الهزاز المحلي المعير ، بذلك الشكل الذي يعود فيه ترددات الاشارة ضمن بوابة السرعة من جديد إلى التعادل مع التردد المركزي لتوليف المميز .



الشكل (8–20)

المخطط الصندوقي لدارة الملاحقة الأوتوماتيكية للهدف بالسرعة (احتمال) .

تعمل محطات الرادار ذات الاشعاع المستمر ، إلى جانب عملها في نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالسرعة ، في نظام البحث عن الأهداف بالسرعة ، يعطى في هذا النظام إلى الهزاز المحلي المعير جهد ، يؤمن التوليف البطيء لتردده ضمن المجال

$$f_{Res.2} + f_{D.min} \text{ حتى } f_{Res.2} + F_{D.max}.$$

حيث هنا f_{Res2} ـ التردد المركزي لتوليف بوابة السرعة .
f_{Dmin} ـ العتبة الدنيا لمجال الترددات الدوبلرية الممكنة .
f_{Dmax} ـ العتبة العليا لمجال الترددات الدوبلرية الممكنة .

يمكن إجراء عملية إعادة التوليف ، على سبيل المثال ، بتطبيق قانون التغير حسب سن المنشار مع بعض الثبات بالسرعة . إذا تحرك الهدف ضمن مجال عمل محطة الرادار بسرعة $V=2F_D/2\,f_0$ عندها تظهر على الفلتر الدوبلري وعلى التردد $f_{Dmax}.> f_D>f_{Dmin}.$ إشارة الهدف .

عندما يصبح تردد الهزاز المحلي المعير أثناء إعادة توليفه $fr=f_D+f_{Res}$ سوف يؤثر على مخرج المازج الثالث جهد ، تردده يتطابق مع تردد توليف بوابة السرعة . وفي هذه الأثناء تظهر الاشارة في بوابة السرعة . ومن هذه الاشارة يتم إنتاج أمر لوقف البحث وانتقال المنظومة للعمل على نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالسرعة حسب تردد دوبلر (السرعة) .

إذا حصل أن توقف نظامُ العمل على الملاحقة ، يمكننا إعادة محطة الرادار لتعمل على نظام البحث ومرة أخرى العودة لالتقاط الهدف .

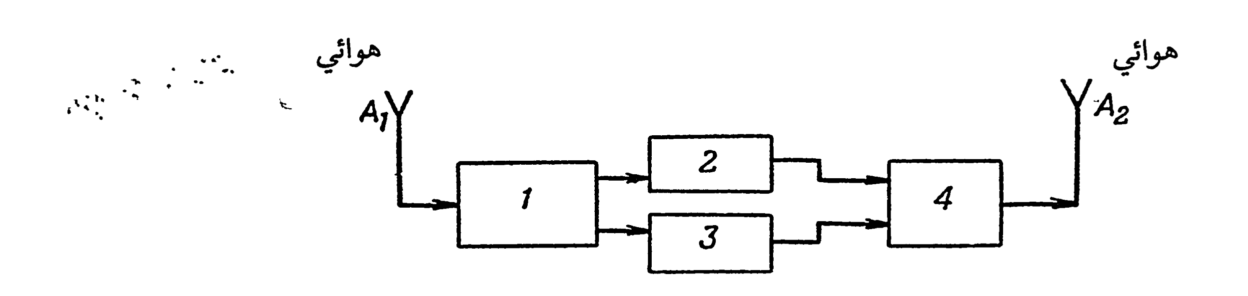
يمكن استخدام الجهد ، المؤثر على مخرج بوابة السرعة ، الذي يشير إلى وجود هدف في مجال عمل محطة الرادار ،بعد التعامل المناسب معه في وحدات أخرى من المحطة .

البـاب التاسع

تشكيل التشويش الايجابي ضد محطات رادار السطع والتوجيه .

أولاً : المخطط الصندوقي لمرسلات التشويش الضجيجي المستمر .

تحدد مهمة مرسل التشويش نوع المخطط الصندوقي له ، كما يدخل في هذا الاختيار ظروف استثمار المحطة ومستوى الانتاج (وبشكل رئيس مولدات التردد العالي) .



الشكل (9-1)

المخطط الصندوقي لمحطة تشويش ضجيجي (احتمال)

1 ـ مستقبل بانورامي ، 2 ـ وحدة التوليف الأوتوماتيكية لتردد مرسل التشويش ، 3 ـ وحدة الفصل الزمني لخطي الارسال والاستقبال ، 4 ـ مرسل التشويش .

يوضح الشكل (9-1) شكل من أشكال المخططات الصندوقية المحتملة لمحطة التشويش. تمتلك هذه المحطة هوائيان . هوائي الاستقبال A_1 ، يقوم بمهمة استقبال الاشارات المفيدة الصادرة عن محطات الرادار المستهدفة ويرتبط بقسم الاستقبال والتحليل لمنظومة التشويش . تعطى الاشارات المستقبلة من مخرج الهوائي إلى المستقبل البانورامي لتسجيل ومراقبة المجال الترددي للمنظومة

المستهدفة . يجب أن يتميز المستقبل بحساسية عالية وبمجال ديناميكي واسع ، أي أن يحافظ على مقدرته على العمل في مستويات مختلفة لاشارة الدخل . يرتبط بمخرجه وحدة التوليف الاوتوماتيكية لتردد مرسل التشويش على التردد الحامل لمحطة الرادار المستهدفة ، ووحدة الفصل الزمني لخطوط الارسال والاستقبال ، التي تحدد النظام الزمني لارسال التشويش . يعطى الجهد الصادر عن مخارج هذه الوحدات ـ وهو عبارة عن أوامر ، تقوم بتوجيه نظام عمل المرسل ـ إلى المرسل ، وتحدد بهذا النظام عمله وتردده التشويشي المركزي .

تحدد وحدة التعديل (غير الموضحة على الشكل) شكل وطبيعة تعديل التشويش . يمكننا التحكم بعمل هذه الوحدة بواسطة عامل رادار محطة التشويش أو من قبل منظومة مؤتمتة خاصة ، تقوم باختيار نظام التعديل المناسب حسب المسرح الراداري المعطى الوارد من قسم سطع المحطة .

يعتبر مولد التردد العالي من الأجزاء الأكثر أهمية في منظومة التشويش . إذ تؤثر نوعية مميزاتها تأثيراً فعالاً على الامكانيات الفنية والتكتيكية للمحطة . وعندما يكون عامل الربح كبيراً يتوجب عليه أن يقدم إلى الهوائي جزءاً كبيرا وهاماً من الاستطاعة وأن يسمح بإعادة توليف نفسه بسرعة كبيرة ضمن مجال ترددي كبير بدون أية انحرافات كبيرة لاستطاعة الخرج ، إلى جانب ذلك يجب أن يخضع حجمه وتخضع أبعاده للمتطلبات الواجب توفرها لتركيبه على الطائرة أو في الصاروخ .

يمتلك القسم الغالب من مرسلات المجال المتري لطول الموجة على صمامات تردد عالي الكترونية . أما في المجالات الديسيمترية والسنتيمترية والميليمترية فتستخدم الكلاسيترونات والماغنترونات وصمامات الموجات الراكضة وصمامات الموجات العكسية .

يتميز الماغنترون بعامل أمان عالي وأبعاد صغيرة نسبياً . يصل عامل الربح لديه إلى 80% ولا يتطلب طاقة كبيرة لدارة الفتائل . يمكن لبعض الماغنترونات أن تنقل توليفها ضمن مجال ترددي واسع نسبياً بدون تذبذبات كبيرة في استطاعة الخرج . إلا أن سرعة تبديل توليف الماغنترون ليست بالكبيرة ، الأمر الذي يحد من استخدامها في مرسلات التشويش التسديدي والتسديدي الحاجزي .

تسمح صمامات الموجات العكسية بتبديل توليف تردد المرسل بسرعة حتى 100 ميغاهيرتز/ميكرو ثانية ، وتؤمن استطاعات خرج عالية (100–1000) واط ، بحصول ذبذبات صغيرة داخل مجال التوليف الممكن . يتراوح عامل ربح هذه الصمامات بين %(20–40)تستخدم هذه الصمامات واسعاً في مرسلات التشويش الضجيجي .

تؤمن الماغنترونات وصمامات الموجات العكسية طيفاً ترددياً عريضاً ، إلا أنها تحتاج للتحكم بعملها إلى إشارة معدلة (في الحالة التشويشية المدروسة) ذات استطاعة عالية نسبياً .

لا تجد الكلاسيترونات ، بسبب مجالات عملها الترددية الضيقة استخداماً واسعاً في منظومات التشويش الضجيجي ذات المجال الترددي العريض .

تتميز صمامات الموجات الراكضة بمميزات طاقية جيدة ، وتستطيع التوليد ضمن مجال ترددي واسع .

تستخدم الديودات ذات التسخين المباشر ، قبل كل شيء ، كمولدات جهود ضجيجية أولية كما تستخدم لهذا الغرض التيراترونات ذات الحقل المغناطيسي والمضاعفات الضوئية الألكترونية .

تستطيع ديودات التسخين المباشر عندما تعمل على نظام الاشباع (ديودات الضجيج) ، توليد الضجيج بطيف عريض متساوي الكثافة (حتى عشرات ومئات الميغاهيرتز) . وهذا الأمر ممكن بفضل العشوائية في اندفاع الألكترونات من المهبط . وعيب الديود كمصدر لجهد معدل ينحصر في كثافته الضجيجية المنخفضة. يستدعي هذا الأمر ان نربط مع دارة المعدل مضخمات جهد ضجيجي واسعة الامرار ذات عامل تضخيم عالي الأمر الذي يعقد دارة المولد .

يمكن استخدام التيراترون الموجود ، في حقل مغناطيسي كمنبع ضجيج ، كثافته تزيد كثيراً عن كثافة الضجيج المولد من قبل الديود المشبع ، وهذا الأمر مرتبط بالحركة العشوائية للألكترونات ضمن اسطوانه التيراترون المعبأة بالغاز .

وبغض النظر عن أنَّ الحقل المغناطيسي يجعل طيف ضجيج التيراترون أكثر توازناً بتوزع الكثافة ويعرضه قليلاً ، إلا أنه مع ذلك يبقى أفضل من الطيف الضجيجي للديود المشبع . يسمح استخدام التيراترون في الحقل المغناطيسي كمصدر أولي للاشارة الضجيجية بخفض كبير لعامل التضخيم المطلوب من مضخمات الجهد المعدل وبهذا يبسط من دارة المعدل ، إلا أن هذا ممكن فقط عند الحاجة لتشكيل تشويش ضجيجي بمجال إمرار ترددي ضيق .

تحتوي المضاعفات الالكترونية الضوئية على خلايا ضوئية وتجهيز لتضخيم التيارات الضوئية الناتجة منها بسبب الاصدار الألكتروني الضوئي وطبقة الضجيج . نحصل من مخرج المضاعف الألكتروني الضوئي على جهد ضجيجي ذي كثافة لا بأس بها (عشرة ميكرو فولت/ ميغا هيرتز) . أما عرض طيف الضجيج المتناسق فيصل إلى عدة عشرات من الميغاهيرتز. يسمح لنا هذا الأمر بالاستخدام الناجح للمضاعفات الألكترونية الضوئية كمصادر أولية للضجيج في مرسلات التشويش الضجيجي .

يكون تعديل إشارة التشويش في جميع مرسلات التشويش مركباً ، أي أنَّ الجهد المعدل يؤثر على وحدة التعديل في المرسل ويغير ، في الوقت نفسه ، مطال وطور (تردد) الاشارة المرسلة . يفسر هذا الأمر بالخواص المميزة لأجهزة التعديل الألكترونية الفراغية عالية التردد . إلا أنَّ أحد أنواع التعديل يجب أن يمتلك إما تعديلاً سعوياً أو تعديلاً زاوياً (طورياً أو ترددياً) . وضمن هذا المعنى ، يتحدثون عن نوع تعديل إشارة التشويش .

ينفذ التعديل السعوي عادة ، عندما تجمع دارة التعديل على صمامات ألكترونية على سبيل المثال ، صمام ثلاثي أو ماغنترون . إذا إحتل طيف الضجيج المعدل جزءاً من المحور الترددي من الصفر حتى Fm.max ، فعندها يمتلك طيف الاشارة المعدلة عالية التردد ، المرسلة على شكل تشويش عرضاً يساوي $2F_n.max$ويكون محصوراً في ذلك المجال الترددي الذي مركزه هو التردد الحامل f_0 لمحطة الرادار المستهدفة (الشكل 9–2) . ولكي نقوم بالتوزيع المتعادل للاستطاعة المرسلة على طول طيف التشويش المرسل (للحصول على طيف متناسق من التشويش) ، يكون أحياناً من المفيد أنْ نحدد سعة الضجيج المعدل ، الذي بواسطته نقوم بالتخلص من جميع النتوءات الظاهرة في الجهد الضجيجي ، ذات المستوى الأعلى (أو الأسفل) من عتبة محددة ، تسمى بالعتبة أو بمستوى التحديد . يسمح لنا هذا الأمر زيادة عمق تعديل الاشارة بواسطة المركبات الرئيسة للضجيج المعدل دون الحاجة إلى إعادة التعديل .

يستخدم التعديل الطوري في تلك الحالات ، على سبيل المثال . عندما تكون وحدة التعديل تعمل بمقام مضخم تحكمي مجمع على صمام موجة راكضة . يعطى الجهد المعدل إلى إحدى الكترووداته ، الذي يحدد التأخير الطوري للاشارة ، على سبيل المثال ، إلى نابض صمام الموجة الراكضة . ويعبر عن الذبذبات المعدلة طورياً بالمعادلة التالية :

$$U\ (t) = U_O.\ \cos\left[Wot + \Delta\psi.F(t)\right]$$

حيث هنا : W_0 ـ التردد الزاوي الحاصل .

$F(t)$ ـ تابع التعديل .

$\psi\ \Delta$ ـ عامل التعديل الطوري ، المحدد للتغيير الأعظمي طورياً .

S_n

0 $F_{n \cdot max}$ f

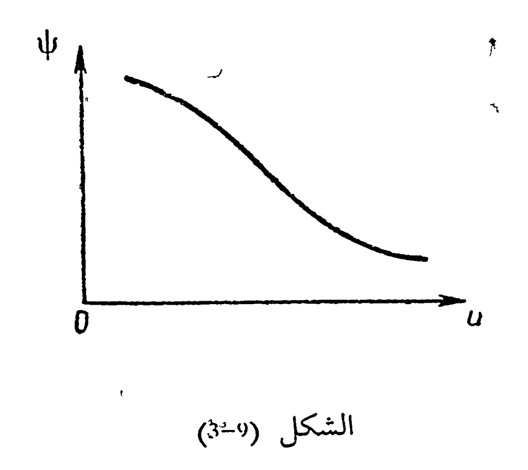
S_n

$2 F_{n \cdot max}$

0 f_0 f

الشكل (9-2)

تشكيل طيف الاشارة أثناء التعديل السعوي .



الشكل (9-3)

المواصفة التعديلية لإحدى أجهزة توليد الترددات العالية جداً .

تحدد إمكانية التعديل الطوري في الجهاز الألكتروني المفرغ ، وكذلك مواصفات الاشارة المعدلة حسب المخطط التعديلي (الشكل 9-3) ، الذي يحدد علاقة التأخير الطوري (الانزياح الطوري) بالجهد المعدل . تختار نقطة العمل عادة ضمن المجال الخطي للمخطط الاحداثي ، في المكان ، الذي

يكون فيه انحراف المنحني بالنسبة لمحور الجهود ثابتاً ، وإذا لم تخرج نقطة العمل خارج مجال الجزء الخطي ، فعندها ستشكل القيمة على حساب تعديل الانزياح الطوري .

$$\psi (u) = \psi_O + K_M . U;$$

حيث هنا : ψ_0 ـ الانزياح الطوري الابتدائي .

U ـ الجهد المعدل .

K_M ـ شدة انحدار التابع التعديلي .

تصبح فاعلية استخدام الجهد المعدل طورياً أعلى ، كلما كانت شدة انحراف التابع التعديلي أكبر (K_M) ، الذي يتصف بها الجهاز المفرغ .

يتعلق المجال الترددي ، المحتل من قبل إشارة التردد العالي المعدلة بالطور بعرض طيف الضجيج المعدل وبعامل التعديل الطوري $\Delta\psi$. عندما تكون $\Delta\psi >> 1$ نحصل على تعديل عريض المجال . عندها يصبح عرض طيف الذبذبات المعدلة اكبركثيراً من طيف الضجيج المعدل ويساوي تقريباً :

$$\Delta F_n \approx \Delta \psi \sqrt{\frac{2\pi}{3} . F_{n.max}}$$

حيث هنا : $F_{n.max}$ ـ أعلى تردد ضمن طيف الاشارة المعدلة .

عندما يكون عامل التعديل الطوري صغيراً ($\Delta\psi<1$) يصبح عرض طيف الذبذبات المعدلة أصغر :

$$\Delta F_n \approx F_{n.max}$$

يُنصح بهذا النوع من التعديل لتشكيل التشويش المعدل بالتردد .

تشابه أطياف الذبذبات ، المعدلة بالتردد بهيكلها طيف الذبذبات المعدلة بالطور .

ثانياً : إعماء محطات الرادار ضيقة المجال الامراري الترددي بواسطة التشويش الضجيجي المستمر .

أثناء تنفيذ عملية إعماء محطات الرادار النبضية بواسطة استخدام التشويش الضجيجي الحاجزي (الحاجب) يستخدم جزء بسيط من استطاعة المرسل ، يتعلق مقداره بالعلاقة بين عرض طيف التشويش ΔF_n والمجال الامراري الترددي لمستقبل محطة الرادار المستهدفة . وفي حال كون التشويش يتميز بمجال طيفي متساوي الكثافة ، يحدد هذا الجزء بقيمة الكسر $\Delta f_{Res}/\Delta F_n$. يتراءى لنا أنه يمكن أنْ نرفع مستوى الحماية من التشويش لمحطة الرادار النبضية (التشويش الحاجزي) ، إذا قمنا وبدون تغيير الاستطاعة المتوسطة والتردد التكراري للاشارات وسرعة دوران الهوائي ، فقط بتصنيف المجال الامراري لمستقبل المحطة ، إلا أن الأمر ليس كذلك . وفي الحقيقة ، إذا كان مرسل التشويش متوضع على الهدف عندها تكون النسبة بين استطاعتي إشارة التشويش والاشارة المفيدة عند مدخل المستقبل لمحطة الرادار المقصودة ضمن المجال الامراري للجزء الخطي ، محددة بالعلاقة التالية :

$$\frac{P_{n.in}}{P_{S.in}} = \frac{P_n.G_n}{P_{S.P}.G_S} 4.\pi.D^2 \frac{1}{\sigma} . \gamma_n \frac{\Delta f_{Res.}}{\Delta F_n} ; \qquad (1\text{-}9)$$

حيث هنا P_{SP} وP_n ـ استطاعة محطة الرادار النبضية واستطاعة مرسل التشويش ، حسب التسلسل .

$G_S.G_n$ ـ عامل الأثر التوجيهي لهوائي التشويش والاشارة حسب التسلسل .

σ ـ السطح العاكس الفعال للهدف .

γn ـ عامل ، يأخذ بعين الاعتبار إمكانية عدم التطابق بالاستقطاب بين إشارة التشويش والاشارة العاملة لمحطة الرادار $(\gamma_n \leqslant 1)$.

D ـ المسافة حتى الهدف ، الحامل لمرسل التشويش الضجيجي ذي المجال الطيفي المتساوي الكثافة .

إذا صمم المستقبل بالصورة المثلى (دارات مثالية) ، فعندها إذا ضيقنا المجال الامراري لجزئه الخطي ، نحتاج إلى زيادة نفس العدد من المرات في عرض الاشارة العاملة لمحطة الرادار (τ_p) ، لكي تبقى العلاقة $\tau_p/\Delta f_{Res}$ ثابتة لا تتغير . وبغير ذلك لا يمكن أن تقع جميع المركبات الطيفية الرئيسة للنبضة العاملة ضمن المجال الامراري للمستقبل واستطاعة الاشارة المؤثرة ضمن هذا المجال ستنخفض . وترتبط زيادة عرض الاشارة عندما تبقى الاستطاعة المتوسطة لمحطة الرادار ثابتة ، ارتباطاً عكسياً بمقدار الاستطاعة النبضية $P_{s\,p}$. إذاً يمكننا القول أنه عندما يكون المستقبل مجمعاً على دارات مثالية ، تعطى العلاقة بين استطاعة الضجيج واستطاعة الاشارة المفيدة عند مدخل المستقبل ذي المجال الامراري المضيق ، ضمن المجال نفسه بالعلاقة التالية :

$$\frac{P_{n.in.}}{P_{S.in.}} = \frac{P_n.G_n}{P_{SP/n}.G_S} \cdot 4\pi.D^2 \cdot \frac{1}{\mathfrak{S}} \cdot \gamma_{\pi} \cdot \frac{\Delta F_{ReS.}}{n.\Delta f_n}$$

حيث هنا n ـ عامل يحدد درجة تخفيض عرض المجال الامراري للمستقبل .

بما أن هذه المعادلة تتطابق مع المعادلة (9-1) ، لهذا لا يمكن تحسين الحماية من التشويش ، عند محطات الرادار النبضية وعلى الأخص من التشويش الضجيجي الحاجزي بتضييق ، عرض المجال الامراري الترددي لمستقبلاتها دون تغيير استطاعاتها المتوسطة .

عادة ما يزيد عرض المجال الامراري لمستقبلات محطات الرادار عن القيمة a/τ . يدعونا هذا الأمر إلى القول بضرورة أخذ عدم التوازن الذي تتميز به ترددات تجهيزات إرسال محطات الرادار والهزازات المحلية لمستقبلاتها بعين الاعتبار . وبعد أن نأخذ عدم التوازن هذا ، بعين الاعتبار ، نحصل على المعادلة التالية المحددة للمجال الامراري للمستقبل :

$$\Delta f_{ReS.} = \frac{a}{\tau_P} + \Delta f_{A.S} \qquad (2\text{-}9)$$

حيث هنا Δf_{AS} ـ عدم التوازن العام المنتظر للترددات المشار إليها .

لا تخفض قيمة Δf_{AS} عند زيادة عرض الاشارة المباشرة لمحطة الرادار . لهذا ، إذا ضيقنا المجال الامراري للمستقبل بـ n مرة ، من الضروري زيادة عرض الاشارة بأكثر من n مرة ، وهذا يؤدي إلى انخفاض في استطاعة مرسل محطة الرادار النبضية باكثر من n مرة ، وينتج عن هذا الأمر ارتفاع قيمة العلاقة $P_{n.in}/P_{sin}$ عند مدخل المستقبل ضمن الجزء الخطي لمجاله الامراري عندما تكون كثافة استطاعة الاشعاع الضجيجي والاستطاعة المتوسطة لمحطة الرادار ثابتتين .

بهذا الشيء لا نتوصل إلى تحسين الحماية من التشويش لمحطات الرادار النبضية في الظروف الطبيعية ، بل على العكس تماماً فإنها تسوء ، إذا قللنا من عرض مجالاتها الامرارية دون الزيادة المتوازية لاستطاعة المحطة المتوسطة .

ويمكننا قليلاً أن نحسن الحماية من التشويش لمحطة الرادار النبضية ، إذا عرضنا المجال الامراري لمستقبلها وسينقص ، ارتباطاً بذلك ، عرض الاشارة العاملة ، أما إذا حافظنا على ثبات الاستطاعة المتوسطة للمحطة فسترتفع قيمة استطاعتها النبضية . إلا أن زيادة الاستطاعة النبضية تحدد بمواصفات الأجهزة الخرجية المفرغة وبالمتانة الكهربائية لخطوط دليل موجة المرسل .

يمكن لتضييق المجال الامراري للجزء الخطي للمستقبل أنْ يرفع من مستوى الحماية من التشويش للمحطة ، فقط في تلك الحالة ، إذا كان هذا التضييق لا يجر معه انخفاضاً في استطاعة محطة الرادار النبضية ، إلا أن هذا يؤدي إلى ارتفاع قيمة الاستطاعة المتوسطة ، أي إلى زيادة في قيمة الاستطاعة المتطلبة .

إذا كان اعماء محطة الرادار النبضية يتم من قبل تشويش ضجيجي تسديدي وكان طيفه متوافقاً مع المجال الامراري الترددي لمحطة الرادار ، عندها تصبح العلاقة تشويش/ إشارة ـ عند الثبات في استطاعتي محطة الرادار ومحطة التشويش ـ أكبر ، كلما كانت الاستطاعة النبضية أقل ، وبالتالي كلما كان عرض الاشارة العاملة أكبر والمجال الامراري لمستقبل محطة الرادار أضيق . يمكننا أن نتأكد من هذا الأمر بسهولة إذا بدلنا هذا الكسر $\Delta f_{Res}/\Delta Fn=1$ في المعادلة (9-1) وأخذنا بعين الاعتبار أنه في المستقبل المثالي يكون :

$$\Delta f_{ReS.} = \frac{a}{\tau_P}$$

حيث هنا a ـ عامل ثابت لمحطة الرادار المدروسة .

البـاب العاشر

تشكيل التشويش الايجابي ضد محطات الرادار، العاملة على نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للأهداف .

أولاً : التشويش المعدل سعوياً بتردد كنس هوائي محطة الرادار المستهدفة .

تعتبر قنال قياس الاحداثيات الزاوية والملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالاتجاه إحدى الأقنية الرئيسة لأي منظومة رادارية للتوجيه والتوجيه الذاتي . لهذا تستخدم جميع الأساليب وتتخذ جميع التدابير الممكنة لرفع درجة الحماية من التشويش لهذه القنال .

يمكننا التأثير على أقنية قياس الزوايا لمحطات الرادار العاملة على نظام الملاحقة الأوتوماتيكية للأهدفا بالاتجاه ، والتي تمتلك هوائيات كنس ، بواسطة تشويش معدل سعوياً بجهد جيبي وبتردد الكنس لهوائي محطة الرادار المستهدفة . يركبون مثل هذه المرسلات على هدف محمي ذاتياً ، وتقوم هذه المرسلات بإرسال إشارات يتطابق ترددها الحامل وغيرها من مواصفاتها مع مواصفات الاشارات ، التي تبثها محطة الرادار المستهدفة ، أما التعديل السعوي لها فكما شرح سابقاً . وقبل المباشرة بإنتاج مثل هذا النوع من التشويش ، يجب أن يكون تردد مسح هوائي المحطة المستهدفة معروفاً مسبقاً أو أن يجري سطعها أثناء عملية المعاكسة الألكترونية .

سيستقبل هوائي محطة الرادار ذات الكنس المخروطي والواقع تحت تأثير التشويش ذي النوع السابق الذكر ، الاشارات المنعكسة عن الهدف سوية مع إشارة التشويش . وعند ذلك لا يجوز فصل الاشارة المفيدة عن إشارة التشويش عن طريق الفلترة الترددية بسبب تطابق الترددات الحاملة لكلا الاشارتين .

لكي نقوم بتسهيل تحليل مرور هذه الاشارات خلال مستقبل محطة الرادار ، نفترض أن الترددات الحاملة والأطوار عالية التردد الابتدائية لاشارة التشويش وللاشارة المفيدة متطابقة . نفترض أن الاشارة الأمامية لمحطة الرادار هي إشارة مستمرة . لننظر فقط في عمل منظومة المتابعة للقائس الزاوي وتأثير التشويش على محطة الرادار ذات تردد المسح السري ، أي تلك ، التي يكون فيها هوائي الاستقبال هو هوائيّ المسح .

بعد تلك الافتراضات سيؤثر على هوائي استقبال محطة الرادار إشارتان ـ المفيدة $U_s(t)$ والتشويش $U_n(t)$ ، عندها يصبح :

$$U_S(t) = U_S \cdot \sin wot.$$

$$U_n(t) = U_n \cdot [1 + m_n \cdot \cos(\Omega t - \psi_n) \cdot \sin wot];$$

حيث هنا : $U_S = \eta \sqrt{P_{S.in}}$; ـ سعة جهد الاشارة المفيدة المستقبلة ، وتتناسب طرداً مع الجذر التربيعي لاستطاعة الاشارة المفيدة ،

$U_n = \eta \sqrt{P_{nin}}$; ـ سعة التشويش ، وتتناسب طرداً مع الجذر التربيعي لاستطاعة إشارة التشويش المستقبلة .

η ـ عامل التناسب .

m_n ـ عامل التعديل السعوي للتشويش .

Ωn وψn ـ التردد الزاوي والطور الابتدائي لجهد التشويش المعدل .

عندما لا يقع الهدف المشكل في الاتجاه المتساوي الاشارات للمخطط الاشعاعي لهوائي محطة الرادار المستهدفة ، يتم تعديل هذا المزيج من الاشارات بتردد مسح هوائي الاستقبال . وعندها يعطى الجهد المؤثر على مستقبل محطة الرادار بالمعادلة التالية :

$$U_{in.}(t) = \left[U_S(t) + U_n(t)\right]\left[1 + m_{S.} \cos(\Omega_S t - \psi_S)\right] \quad (1\text{-}10)$$

حيث هنا : m_s ـ عامل التعديل السعوي لاشارات التشويش والاشارات المفيدة الممزوجة ، المشكلة بسبب كنس هوائي مستقبل محطة الرادار .

Ω_s ـ تردد الكنس الدائري .

ψ_s ـ الطور الابتدائي للاشارات المعدلة وتحدد بمقدار انزياح الهدف عن الخط المتساوي الاشارات .

نبدل القيم $U_s(t)$ و$U_n(t)$ بالمعادلة (10−1) فنحصل على :

$$U_{in}(t) = U_S(t)\left[(1+b) + b.m_C.\cos(\Omega_n t - \psi_n)\right] \times$$

$$\times \left[1 + m_S.\cos(\Omega_S t - \psi_S)\right].\sin.wot;$$

حيث هنا :
$$b = \frac{U_n}{U_S} \equiv \sqrt{\frac{P_{n.in}}{P_{S.in}}};$$

يُشَكل هذا الجهد ترددياً دون حدوث تشويش في خطه المائل التابعي ، ويُضخم ويُكشف . وتعطى الاشارات عند خرج الكاشف ، الذي يعمل على النظام الخطي بالمعادلة التالية :

$$U(t) = K_Y.U_S[(1+b) + (1+b)m_S.\cos(\Omega_S t-\psi_S) +$$

$$b.m_n.\cos(\Omega_n t-\psi_n) + b.m_n.m_S.\cos(\Omega_n t-\psi_n)\cos(\Omega_S t-\psi_S)]; \quad (2\text{-}10)$$

حيث هنا K_y ـ عامل تضخيم المستقبل ، آخذاً بعين الاعتبار عامل إرسال الكاشف السعوي . يرتبط بمخرج الكاشف (الشكل 8–12) عادة ، مضخم إشارة الخطأ الطنيني ضيق المجال ، مولفاً على تردد كنس هوائي محطة الرادار (Ω_s) . لا يزيد عادة عرض المجال الامراري الترددي لهذا المضخم عن عدد من الهيرتزات . ولكي يكون التشويش فعالاً ، يجب أن يكون تردد الضجيج المعدل Ω_n متضمناً ضمن المجال الترددي الامراري لمضخم إشارة الخطأ . أما التردد الناتج فيكون مساوياً لـ$\Omega_n+\Omega_s$ ، $/\Omega_n - \Omega_s/$ ودائماً يقع خارج هذا المجال ولا يمر إلى خرج المستقبل . بهذا الشكل يصبح الجهد عند مخرج مضخم إشارة الخطأ جهداً يتحكم بوضع هوائي محطة الرادار ويعطى بالمعادلة :

$$U_{S.Y.} = K_Y.K_1.U_S\left[(1+b).ms.\cos(\Omega_S t-\psi_S) + b.m_n.\cos(\Omega_n t-\psi_S)\right];$$

حيث هنا K_1 ـ عامل تكبير مضخم انتخاب إشارة الخطأ .

يعطي هذا الجهد بعد ذلك إلى الكاشف الطوري ، الذي يضاعفه ليصبح جهداً فعالاً بتردد Ω_s . أما ناتج المضاعفة فنحصل على قيمته الوسطى من فلاتر إشارة الخطأ لأقنية الاتجاه وزاوية المكان

بهذا يتم تشكيل جهدين ، يؤثران بشكل مباشر على نظام إنتاج الوضع الزاوي للهوائي :

$$U_{ac} = K_O\left\{(1+b)\ m_S.\ \cos\psi_S + b.m_S.\cos\left[(\Omega_n-\Omega_S)\ t-\psi_n\right]\right\} \quad (3\text{-}10)$$

$$U_{YM} = K_O\left\{(1+b).\ m_S.\ \sin\psi_S + b.m_n.\sin\left[(\Omega_n-\Omega_S)\ t-\psi_S\right]\right\} \quad (4\text{-}10)$$

حيث هنا K_0 ـ عامل يتعلق بعوامل إرسال مستقبل محطة الرادار ، الكواشف الطورية وفلاتر استخراج إشارة الخطأ .

يُدَوِّرْ نظام الانتاج هوائي محطة الرادار بذلك الشكل ، الذي فيه كل جهد من الجهود (U_{YM}, U_{ac}) يعود إلى الصفر .

تمثل أول المضاريب ، الموجودة ضمن الأقواس المجسمة في المعادلتين (10−3) ، (10−4) المركبة المفيدة لاشارة الخطأ ، المتولدة من عدم التوافق بين الاتجاه إلى الهدف (في هذه الحالة ، الهدف هو حامل التشويش) واتجاه خط تساوي الاشارات لهوائي محطة الرادار . أما المضاريب الثانية في الأقواس المذكورة نفسها فما هي إلا نتيجة تاثير التشويش وتحدد أثره . وبنوعيته يتعلق هذا الأثر بالعلاقة المتبادلة بين تردد كنس هوائي محطة الرادار المستهدفة Ω_s وتردد إشارة التعديل Ω_n .

إذا تطابق هذان الترددان ، فتصبح الجهود الموجهة لأوضاع الهوائي في المستويين الأفقي والعمودي معطاة بالمعادلتين التاليتين :

$$U_{ac} = K_O\left[(1+b)\ m_S.\cos\psi_S + b.m_n.\cos\psi_n\right] \quad (5\text{-}10)$$

$$U_{YM} = K_O\left\{(1+b).\ m_S.\ \sin\psi_S + b.m_S.\sin\psi_n\right\} \quad (6\text{-}10)$$

ومثل هذه الاشارات كانت ستوجد في نظام الملاحقة الزاوية ، لو وقع هدفان في نفس الوقت ضمن مجالات المخطط الاحداثي لاشعاع هوائي محطة الرادار المستهدفة . عندها ستصبح m_s وm_n عبارة عن عاملي تعديل للاشارات الأمامية (المباشرة) لمحطة الرادار ، المشكلة نتيجة انحراف الأهداف عن الاتجاه المتساوي الاشارات ، أما ψ_s وψ_n ـ فهي اتجاهات انحراف هذه الاشارات عن خط تساوي الاشارات .

بهذا الشكل ، يكون تأثير التشويش المعدل سعوياً بتردد كنس هوائي محطة الرادار متوافقاً مع ظهور الهدف الثاني ضمن اللوب الاشعاعي لمحطة الرادار والمستهدفة ، ولا يتطابق مع منبع التشويش .

تقوم دارة إنتاج الوضع الزاوي للهوائي ، في الوقت الذي فيه تحول قيم الجهود U_{ac} وU_{yM} إلى الصفر على النظام الموضوع ، بتحويل الخط المتساوي الإشارات للوب الاشعاع إلى ذلك الاتجاه ، الذي فيه تصبح المعادلات التالية صحيحة :

$$(1+b).m_S.\ \cos\psi_S + b.m_n.\ \cos\psi_n = O \qquad (7\text{-}10)$$

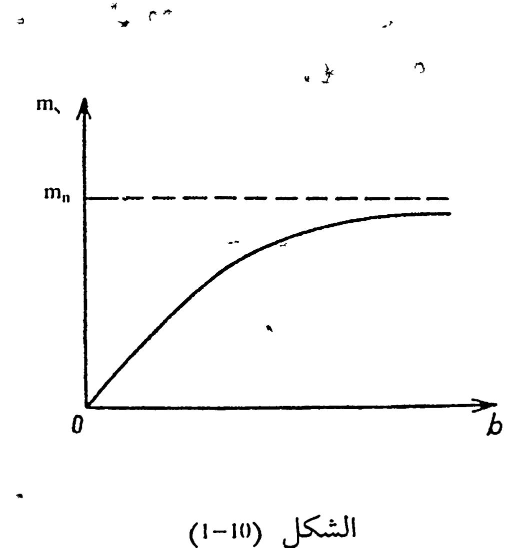
$$(1+b).m_S.\ \sin\psi_S + b.m_n.\ \sin\psi_n = O \qquad (8\text{-}10)$$

$$\psi_S = \psi_n + 180° \qquad (9\text{-}10)$$

$$m_s = m_n \frac{b}{1+b} \qquad (10\text{-}10)$$

وهذا يعني أن محطة الرادار سوف تلاحق هدف وهمي (كاذب) ما لا يتطابق ولا مع أي هدف من الأهداف الحقيقية . ومن المعادلة (10-9) نرى ، أن الهدف الكاذب يتوضع داخل القطاع المرتبط بالهدف .

بهذا الشكل ، نقع في خطأ عند تحديد احداثيات مصدر التشويش وفي ملاحقته بالاتجاه . يعبر عن قيمة هذا الخطأ في مثل هذا الشكل من المخطط الاشعاعي بما يسمى بالعامل m_s وهو عامل تعديل إشارة الهدف وترتبط بعامل التعديل m_n وباستطاعة إشارة التشويش (انظر الشكل 10-1) .



الشكل (10-1)

علاقة عامل التعديل التشويشي مع العلاقة تشويش/ إشارة .

عندما يكون $m_s \approx m_n, b \gg 1$ لا يؤدي رفع قيمة استطاعة مرسل التشويش مستقبلاً إلى زيادة قيمة الخطأ في الملاحقة ولهذا لا يكون هذا العمل مفيداً . وتعتبر المساواة $m_s = m_n$ هي مساواة حدية . وهذا من السهولة تفسيره ، إذا أخذنا بعين الاعتبار ان إشارة التشويش تعدل بكنس هوائي استقبال محطة الرادار ونظراً لذلك فإنها تحمل المعلومات عن المكان الفعلي لمصدر التشويش . توجه دارة إنتاج الوضع الزاوي للهوائي ، الهوائي بذلك الشكل الذي تصبح فيه الاشارة المستقبلة من قبله غير معدلة ، الأمر الذي ينعكس من خلال المساواة $m_s = m_n$.

وعندما تكون الاشارة المنعكسة عن الهدف ضعيفة قياساً مع إشارة التشويش ، يوجه الهوائي الى ذلك الاتجاه ، الذي فيه يستطيع التعديل التشويشي محو أثر التعديل المفيد ، وهذا الأمر ممكن فقط عندما يتساوى عاملا التعديل بالقيمة وتكون جهود الاشارة والتشويش متعاكستي الصفحة ، أي في الحالة :

$$m_n = m_S; \psi_n = \psi_S + 180°;$$

نفترض أن تردد التعديل السعوي لاشارة التشويش Ω_n لا يتطابق مع تردد كنس هوائي محطة الرادار المستهدفة Ω_s ، لكنه يختلف عنها بقدر صغير ، الذي فيه يبقى Ω_s واقعاً ضمن المجال الامراري لنظام متابعة المحطة . عندها وحسب المعادلتين (10-3) و(10-4) يقلد الهدف الكاذب بهدف تشويشي ، المُعَبَّر عن احداثياته بالعناصر الثانية الموجودة ضمن الأقواس المجسمة لهاتين المعادلتين ، وهوائي محطة الرادار سوف يدور حول مصدر التشويش في مستوى عمودي على محور المخطط الاشعاعي بتردد زاوي قدره $/\Omega_n - \Omega_s/$. وتصبح قيمة جهد إشارة الخطأ في هذه الحالة تساوي الصفر عند توفر الشروط التالية :

$$m_s = m_n \frac{b}{1+b}$$

$$\psi_s = \psi_n + |\Omega_n - \Omega_S|.t;$$

أي إذا كانت الصفحة ψ_n متزايدة باستمرار ، الأمر الذي يدل على دوران الهدف المقلد . وفي هذا النظام الموضوع سيلاحق خط تساوي الاشاراتللمخططالاشعاعي لهوائي محطة الرادار ، كما في السابق ، النقطة الواقعة ضمن المنطقة الواقعة بين مصدر التشويش والهدف المقلد والنسبة لهذه النقطة ستُحقق المساواة (10-10) . سيدور خط تساوي الاشارات لهوائي محطة الرادار المستهدفة بمخروط دائري متشكل تتطابق قمته مع الهدف ـ مصدر التشويش . يحدد انتظام الدوران بدرجة اتزان

الترددين Ω_s ، Ω_n . ويصبح الخطأ في قياس الاحداثيات الزاوية متغيراً بالزمن ، اما الخطأ الخطي للملاحقة ، كما في السابق ، فسوف تعبر عنه المعادلة (10–10) . وتبقى المساواة $m_n=m_s$ صحيحة ومحققة حتى عندما تزيد استطاعة إشارة التشويش زيادة كبيرة وتفوق استطاعة الاشارة المنعكسة عن الهدف .

إذا كان ألفرق بين الترددين Ω_s وΩ_n كبيراً إلى تلك الدرجة التي فيها لا يقع التردد Ω_n ضمن المجال الامراري لنظام متابعة محطة الرادار ، يصبح التشويش من هذا النوع ليس فعالاً .

ثانياً ـ اعماء محطات الرادار ذات تردد الكنس المكشوف .

لكي نستطيع تأمين تأثير فعال للتشويش ، المعدل بسعة تردد كنس الهوائي ، يجب معرفة تردد كنس هوائي محطة الرادار المستهدفة . وكلما أصبحت معرفتنا به أدق ، كلما كان التأثير أكثر فاعلية . ويتم الحصول على هذا عادة عن طريق السطع المنفذ خلال مرحلة تنظيم المعاكسة الالكترونية . إلا أنَّ مثل هذا النوع من السطع ، الذي ينفذ بواسطة وسائط فنية بسيطة نسبياً ، لا يكون فعالاً إلا في تلك الحالات ، التي يكون فيها تردد كنس محطة الرادار مفضوحاً ، أي تمتلك ذلك الهوائي الذي تكون طريقة مسحه ، اثناء البث المباشر للاشارات ، نفسها أثناء استقبال الاشارات المنعكسة . وتمتلك المحطات المذكورة سابقاً (ذات تردد الكنس السري) تلك الهوائيات التي تكنس أثناء الاستقبال فقط .

تتميز محطات الرادار ذات تردد المسح المفضوح (مسح مفضوح) بإيجابية مفادها أنَّ الاشارة التي تنير الهدف تكون مزاحة بالنسبة للاتجاه المتساوي الاشارات لمخطط اشعاع ، ويكون أيضاً بحالة تعديل بسعة تردد الكنس نتيجة لكنس الهوائي الذي يرسل الاشارة المباشرة (الأمامية) . وبالارتباط مع ذلك تصبح الاشارة المنعكسة عن الهدف معدلة سعوياً . اثناء استقبال هذه الاشارة تقوم محطة الرادار بتعديلها مرة أخرى ، بنفس التردد والطور (الصفحة) ، بطريقة الكنس الذي يقوم به هوائي الاستقبال . بهذا الشكل يكون عامل تعديل الاشارة الأمامية (المباشرة) لاشارة الخطأ ، أثناء هيمنة نفس الظروف ، أكبر مما هو عليه الأمر في محطة الرادار ـ ذات الكنس السري (مخفي) ، حيث هنالك تعدل الاشارة أثناء الاستقبال فقط . وعندما تكون الاشارة التي تنير الهدف ، أثناء الكنس المفضوح ، معدلة بتردد الكنس ، نتمكن من سطع هذا التردد . وفعلاً ، إذا كان الهدف الملاحق

يحتوي على مستقبل ، يرتبط مخرجه بكاشف سعوي ، عندها سيصبح جهد الأخير على شكل جهد جيبي بتردد كنس محطة رادار الهدف الملاحق ، ومن الضرورة فقط أن تكون الاشارة المباشرة لمحطة الرادار واقعة ضمن المجال الامراري للمستقبل. أما تحديد تردد الكنس - عندما يقوم هوائي الاستقبال فقط به وتكون إشارة الهدف المنار رادارياً غير معدلة - هو أكثر تعقيداً . تتضمن المعادلة (10–1) تعبيراً عن التعديل الذي يحصل للاشارة المنعكسة عن الهدف بتردد كنس المحطة المستهدفة ، فإذا افترضنا أن الرمز $U_s(t)$ يشير إلى الاشارة المفيدة نحصل على :

$$U_S\ (t) = U_S\ [1+m.\cos\ (\Omega_S t-\psi_S)]$$

وفيما يخص الجهود ، التي يتحكم فيها وضع هوائي محطات الرادار ذات الكنس المفضوح إن كان بالمستوى الأفقي أو المستوى العمودي ، نحصل من المعادلتين (10–5) و(10–6) على الآتي :

$$U_{ac} = K_O \left\{(2+b)\ m_S.\ \cos\psi_S + b.m_n.\cos\ [(\Omega_n-\Omega_S)\ t-\psi_n]\right\} \quad (11\text{-}10)$$

$$U_{yM} = K_o \left\{(2+b)m_S.\ \sin\psi_S + b.m_n.\ \sin\ [(\Omega_n-\Omega_S)\ t-\psi_n]\right\} \quad (12\text{-}10)$$

وعندما يكون $\Omega_n=\Omega_s$ ، الأكثر تمييزاً للتمكن من اعماء محطات الرادار ذات تردد الكنس المفضوح في حالة توفر إمكانية سطع التردد Ω_s بشكل مباشر أثناء تنفيذ عملية المعاكسة الالكترونية ، نحصل على :

$$U_{ac} = K_O \left[(2+b)m_S.\ \cos\psi_S + b.m_n.\cos\psi_n\right] \quad (13\text{-}10)$$

$$U_{YM} = K_O \left[(2+b).m_s.\sin\psi_S + b.m_n.\sin\psi_n\right] \quad (14\text{-}10)$$

تشير دارة انتاج الوضع الزاوي للهوائي إلى الخط المتساوي الاشارات لمخطط الاشعاع بالاتجاه التابع لها ، والذي بالنسبة له ، وفي الوقت نفسه ، تصبح المعادلتان التاليتان صحيحتين :

$$(2+b).m_S.\ \cos\psi_S + b.m_n.\ \cos\psi_n = O$$

$$(2+b).m_S.\ \sin\psi_S + b.m_n.\ \sin\psi_n = O$$

أو

$$m_S = m_n \frac{b}{1+b} \quad (15\text{-}10)$$

$$\psi_S = \psi_n + 180° \quad (16\text{-}10)$$

هذا يعني أنَّ محطة الرادار ستلاحق بالاتجاه النقطة الواقعة داخل المنطقة (القطاع) الواقعة بين مصدر التشويش وهدف التشويش المقلد . ويصبح خطأ الملاحقة ، المتعلق بعامل تعديل الاشارة المنعكسة عن الهدف (انظر المعادلة 10—15) ، عند تعادل الظروف الأخرى اقل منه في محطة الرادار ذات الكنس السري ، (انظر المعادلة 10—10) . يفسر هذا بزيادة عمق تعديل الاشارة المفيدة عندما يكون الكنس مفضوحاً بسبب التعديل المزدوج . وكلما كبرت قيمة العلاقة تشويش/ هدف تقل إيجابية النظام ذي الكنس المفضوح وتكون العلاقة الحدية ، كما هو عليه الحال في الكنس السري أي . $m_s=m_n$

مما ورد ، لا نستطيع أَنْ نستنتج أنَّ محطات الرادار ذات الكنس المفضوح أكثر حماية من التشويش المشار إليه ، وهنا يكون الاستنتاج المعاكس أكثر صحة . فالأمر ينحصر في أنه خلال الكنس المفضوح يكون التحديد الدقيق لتردد الكنس أكثر بساطة نسبياً ويمكن أن يشكل أثناءها تشويشاً ترددياً ، أكثر فاعلية .

ثالثاً ـ التشويش الضجيجي الحاجب على تردد الكنس .

عندما يكون تردد كنس هوائي محطة الرادار ، العاملة على نظام ملاحقة الأهداف بالإتجاه مجهولاً مسبقاً ولا يمكن تحديده حتى مجرى عملية المعاكسة الألكترونية ، لا يمكن تشكيل تشويش مسدد على تردد الكنس . وهذا لا يعني أنه ليس هنالك أية إمكانية للتأثير بالتشويش على قنال قياس الزوايا في محطة الرادار وفي الحقيقة ، يحدد مجال المسح بالتردد ، ضمن مجال ضيق بتردد منخفض نسبياً ، وأحياناً يمكننا أنْ نحدد بشكل تقريبي (بدقة لا تقل عن نصف المجال) المجال الأكثر ضيقاً للتردد ، الذي يقع داخله تردد كنس محطة الرادار . وانطلاقاً من ذلك ، يمكننا تشكيل تشويش يغطي كامل أو نصف مجال الترددات المحتملة للكنس . يسمى هذا التشويش بالتشويش الحاجبي على تردد الكنس .

تنحصر إحدى طرق تشكيل مثل هذا النوع من التشويش في أنه يبث في اتجاه محطة الرادار تشويشاً على التردد الحامل لهذه المحطة ، أما السعة فيعدلها مصدر التشويش ، اي بجهد يتضمن تذبذباً لجميع الترددات المحصورة ضمن المجال $\Delta\Omega_n$ ، المنخفض التردد . ويجب أنْ يغطي هذا المجال المجال الترددي لكنس هوائي محطة الرادار .

لندرس العمليات التي تجري في محطة الرادار إثناء تأثير تشويش من هذا النوع لنتصور جهد التشويش على شكل مجموعة n من المركبات الجيبية متساوية بالسعة : وهي التي تحدد القيمة الفعلية للتشويش المعدل ولها أطوار ابتدائية نرمز لها بـ : ψ_i . عندها تعطى قيمة جهد الاشارة المعدلة بالمعادلة الآتية :

$$U_{mog.}(t) = \sum_{i=1}^{N} U_i.\cos\left[\Omega_i(t)-\psi_i(t)\right] \qquad (17\text{-}10)$$

نختار العدد N ، المعبر عن عدد المركبات الجيبية للجهد المعدل بحيث يكون مساوياً للعلاقة عرض طيف الضجيج / عرض المجال الامراري لقنال قياس الزاوية في نظام المتابعة في محطة الرادار .

إنَّ الجهد عالي التردد الظاهر على خرج مرسل التشويش ، الذي يعبر عن إشارة التشويش ، هو عبارة عن إشارة عالية التردد ، معدلة بالتردد ، في الوقت نفسه ، بواسطة عدة جهود جيبية مختلفة التردد Ω_i :

$$U_n(t) = U_n\left[1+\sum_{i=1}^{N} m_{ni}.\ \cos(\Omega_i t-\psi_i)\right].\ \sin Wot\right]; \qquad (18\text{-}10)$$

حيث هنا : m_{ni} ـ عامل التعديل ، المشكل من المركبة i للجهد المعدل . وإذا كانت محطة الرادار المستهدفة تتصف بكنس سري ، عندها تُعطى الاشارة المنعكسة عن الهدف بالمعادلة التالية :

$$U_S(t) = U_S.\ \sin Wot; \qquad (19\text{-}10)$$

أما الاشارتان المفيدة والتشويشية الواردتان إلى مستقبل محطة الرادار المعدلتان سعوياً ، من قبل كنس هوائي الاستقبال للمحطة المستهدفة ، فتعطيان بالمعادلة الآتية :

$$U_{S.in.} = K_O.\ U_S \left\{ \left[1+b+b \sum_{i=1}^{N} m_{ni}.\cos\ (\Omega_i t-\psi_i) \right] \times \right.$$

$$\left. \times \left[1+m_S.\cos\ (\Omega_S t-\psi_S) \right] \right\}.\ \sin\ Wot \qquad (20\text{-}10)$$

بعد تضخيم وكشف هذه الاشارة في المستقبل ، تذهب الأخيرة إلى مضخم الانتخاب ذي مجال الامرار الضيق (مضخم إشارة الخطأ) . ونحصل من خرجه على جهد يحتوي فقط تلك المركبات الترددية للاشارة المكشوفة ، التي تدخل ضمن المجال الإمراري . إذا كان عرض طيف الضجيج المعدل ليس كبيراً ، الأمر الذي لا يؤدي إلى تشكيل (ظهور) مركبات ترددية ، تقع قيم تردداتها ضمن المجال الامراري لمضخم الانتخاب ، ويعطى عندها جهدها الخرجي بالمعادلة الاتية :

$$U_{S.Y.} = K_S \left[(1+b)m_S.\ \cos\ (\Omega_S t-\psi_S)+\ b.m_{ni}.\cos\ (\Omega_{ni} t-\psi_i) \right] \qquad (21\text{-}10)$$

حيث هنا K_s ـ عامل ثابت ـ أما

$$/\Omega_{ni}\ -\ \Omega_S/\ <\ \triangle\ \Omega_i \qquad (22\text{-}10)$$

يعطى هذا الجهد إلى مدخل الكواشف الطورية ، التي تقوم بتحويله إلى إشارة ارتكازية تعطى إلى المدخل الثاني للكاشف الطوري ، الذي يقوم بالحصول على متوسط ناتج الجمع الحاصل أثناء التحويل السابق الذكر . أما جهود خرج فلاتر أقنية قياس زاوية الاتجاه وزاوية المكان فتعطي بالمعادلات التالية :

$$U_{ac} = K_O \left\{ (1+b)ms.\ \cos\psi_S +\ b.m_{ni}.\cos \left[(\Omega_{ni}-\Omega_S)t+\psi_{ni} \right] \right\} \qquad (23\text{-}10)$$

$$U_{YM} = K_O. \left\{ (1+b)m_S.\ \sin\psi_S\ +\ b.m_{ni}.\sin \left[(\Omega_{ni}-\Omega_s)\ t+\psi_{ni} \right] \right\} \qquad (24\text{-}10)$$

عندها يُوجه نظام إنتاج الوضع الزاوي لهوائي محطة الراداز الخط المتساوي الاشارات بالاتجاه ، وتصبح المعادلتان التاليتان صحيحتين بالنسبة لهذا الاتجاه :

$$(1+b)m_S.\ \cos\psi_S\ +\ bm_{ni}.\ \cos\psi_{ni}\ =\ O$$

$$(1+b)m_S.\ \sin\psi_S\ +\ bm_{ni}.\ \sin\psi_{ni}\ =\ O \qquad (25\text{-}10)$$

ويصبح الخطأ في إنتاج الوضع الزاوي للهوائي ، ذلك الخطأ الناتج عن البث التشويشي محدداً عن طريق عامل تعديل الاشارة ، المعكوسة عن الهدف ـ مصدر التشويش :

$$m_S = m_{ni} \frac{b}{1+b} \qquad (26\text{-}10)$$

إذا تم تعديل الاشارة عالية التردد ، في الوقت نفسه ، بواسطة N مركبة جيبية متساوية بالسعة وتتميز بعامل تعديل هو m ، يصبح عامل التعديل المميز لاحدى مركبات الجهد المعدل مساوياً لـ :

$$m_i = m \frac{1}{\sqrt{N}} \qquad (27\text{-}10)$$

من هنا يتضح أن الخطأ الأعظمي للملاحقة عندما يكون $b \gg 1$ و$m_n = 100\%$ مرتبطاً بعامل تعديل الاشارة المنعكسة عن الهدف ، المتعلقة بالعلاقة عرض طيف التشويش/ عرض المجال الامراري لنظام متابعة محطة الرادار ويساوي :

$$m_S = \frac{1}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{\Delta\Omega_K}{\Delta\Omega_n}} \qquad (28\text{-}10)$$

إذا قارنا المعادلتين (10-28) و (10-10) احداهما مع الأخرى ، مع الأخذ بعين الاعتبار أن عرض طيف التشويش أكبر بكثير من المجال الامراري لنظام المتابعة ، نصل إلى نتيجة مفادها أنَّ فاعلية التشويش الحاجبي أقل بكثير من فاعلية التشويش التسديدي على تردد الكنس وفعلا ، إذا تم تعديل إشارة التردد العالي ، في الوقت نفسه ، بذبذبات جيبية ذات ترددات وصفحات ابتدائية مختلفة ، ومع الأخذ بعين الاعتبار أن عامل التعديل لا يمكنه أن يتجاوز 100% تصبح مساهمة كل دور جيبي معدل أقل كلما زاد عدد الأدوار الجيبية التي تستطيع الدخول في تركيب الاشارة المعدلة . وعندها لا يستطيع نظام انتاج الاتجاه الزاوي للهوائي أن ينتج سوى واحدة من مركبات إشارة التشويش المعدلة . وبدلاً من ذلك يتم تعديل إشارة التشويش الكلية نتيجة لكنس هوائي محطة الرادار ، وستحمل هذه الاشارة المعلومات عن الموقع الحقيقي لمصدر التشويش . لهذا ، كلما كان طيف اشارة التشويش أكثر عرضاً ، كلما أصبح الوزن الفعلي للمركبة التشويشية للاشارة أقل من نظام إنتاج الوضع الزاوي للهوائي وتأثير التشويش أخفض .

نرى مما ورد سابقاً أنَّ الاشارة المعدلة تُشكل بواسطة مجموع الاهتزازات الجيبية ذات السعات الواحدة والاطوار الابتدائية (الصفحات) اللامترابطة زمنياً .

عندما يُعدل التشويش بضجيج منخفض التردد ، يصبح توصيف الاشارة المعدلة أكثر دقة لأن

السعة والصفحة الابتدائية المميزتان للأدوار الجيبية الداخلة في تركيبهما هما صدفيتان (عشوائيتان) وتقوم بشكل بطيء بتغيير التابع الزمني ، أي نفترض أن $\psi_{ni}=\psi_{ni}(t), U_{ni}=U_{ni}(t)$ عندها تصبح القيم ψ_{ni} وb الداخلة في المعادلتين (10-23) و(10-24) قيما صدفية تتغير حسبما يتغير تابع الزمن .

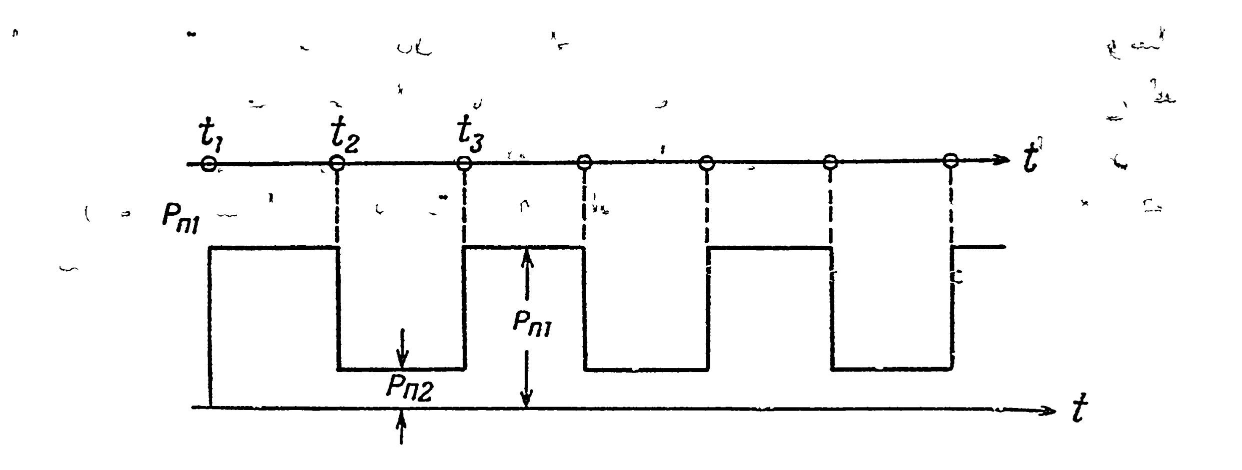
وكذلك يصبح الخطأ في ملاحقة الهدف ، الذى يسببه التشويش صدفياً أيضاً ، ويتغير ببطىء مع تغيير الزمن .

رابعا ـ التشويش على تردد التحويل .

تقوم محطات الرادار التي تعمل بطرق قياس الاحداثيات الزاوية اعتماداً على نبضات أحادية والمحمية من تأثير التشويش المعدل سعوياً ، لأنها تحتوي على هوائيات غير كانسة ـ وأثناء تحديد الاحداثيات الزاوية ، بتشكيل منطقة متساوية الاشارات آنية ويدل الفرق السعوي (أو الطوري) للاشارات المستقبلة ، في الوقت نفسه ، من قبل هوائيين (في كل مستوى) ، على الوضع الزاوي للهدف . لهذا لا يسبب التعديل السعوي للاشارة المستقبلة بغض النظر عن طبيعتها ، أية أخطاء في تحديد الاحداثيات الزاوية لمصدر التشويش .

تفقد محطات الرادار أحادية النبضات هذه الايجابية ، عندما لا يحتوي نظام قياس الزوايا الراداري المتضمن هوائي غير كنسي ، إلا على قنال واحدة لانتاج الإشارة (الشكل 8-15) ، التي يوصل بها احد الهوائيان المتوضعان في مستوى القياس . يُشكل الاتجاه المتساوي الاشارات في مثل هذه الأنظمة على مبدأ مقارنة سعات (أو أطوار) الاشارات المستقبلة من قبل الهوائيات على التسلسل . يسمح هذا الأمر للمحطات هذه بتشكيل تشويش يؤثر على أقنية قياس الزوايا التابعة لها .

ويجب على الاشعاع التشويشي أن يكون عبارة عن اشارة تحمل التردد الحامل لمحطة الرادار المستهدفة . عندئذ تعدل المميزة (السعة أو الطور) ، التي بواسطتها تقاس الاحداثيات الزاوية في محطة الرادار المستهدفة مع تردد التحويل لهوائيات هذه المحطة أو تعالج معها .



الشكل (10–2)

قانون تغيير سعة إشارة التشويش أثناء تشكيل تشويش . على تردد التحويل .

ندرس تأثير هذا النوع من التشويش على محطة الرادار أحادية قنال إنتاج الاشارة والتي تعمل على نظام الفرق السعوي للاشارات . نفترض أن الهدف مزاح بالنسبة لاتجاه تساوي الاشارات لمخطط هوائيات محطة الرادار الاشعاعي ويبث تشويشاً مستمراً ، مطال (سعة) إشارته قفزية التغير وتتغير في اللحظات (t_1 ، t_2 ، t_3) التي يتم الانتقال منها (التحويل) من هوائي إلى آخر لمحطة الرادار التي تلاحق هذا الهدف . وسنعتبر أن التردد الحامل للتشويش يتطابق مع التردد الحامل لمحطة الرادار المستهدفة . ينتج نظام التوجيه لوضع الهوائي الزاوي تلك الزاوية ، التي عند بلوغها تصبح المركبة المستمرة لاشارة الخرج مساوية للصفر ، أي أنها توجه الهوائي بذلك الشكل الذي فيه نحصل على :

$$G_1(\gamma)(P_S + P_{n_1}) = G_2(\gamma)(P_S + P_{n2}) \qquad (29\text{-}10)$$

حيث هنا : γ ـ الزاوية المحصورة بين الاتجاه المتساوي الاشارات والاتجاه إلى الهدف (على نظام محدد وفي مستوى القياس) .

$G_1(\gamma)$ و$G_2(\gamma)$ ـ عاملا التأثير الموجه ، للهوائي الأول والثاني ، حسب التسلسل بالاتجاه ، الذي يميز بالزاوية (γ) .

P_s ـ الاستطاعة المنعكسة عن الهدف .

P_{n1}وP_{n2} ـ استطاعات اشارات التشويش (الشكل 10–2) .

إذا كانت القيم الداخلة في المعادلة (10–29) معروفة ، عندها يمكن وبسهولة طرح الخطأ الزاوي في الملاحقة ، المشكل بسبب التشويش المؤثر .

تنحصر أهمية هذه الحالة المدروسة في عرض مبدأ تشكيل التشويش ومعرفة تأثيره على محطات الرادار التي لا تكون معروفة منها لحظات التحويل بين الهوائيات وتردداتها . نظراً لذلك سوف يمتلك التعديل التشويشي تلك الطبيعة والضجيج ، اللذان يقللان من الخطأ الناتج في ملاحقة الهدف أو قياس إحداثياته الزاوية نتيجة التشويش .

يمكننا أيضاً تحديد الخطأ في قياس الاحداثيات الزاوية للهدف أثناء عمل محطة الرادار في ظروف التشويش على تردد التحويل كما في حالة تأثير تشويش تسديدي على تردد الكنس ، المشكل لاعماء محطات الرادار ذات هوائيات الكنس .

وعند استخدام تعديل مشابه للضجيج يصبح هذا الخطأ صدفياً ذي قيمة متوسطة ، تحدد انطلاقاً من مواصفات محطة الرادار المستهدفة ، وكذلك من العلاقات المتبادلة بين الامكانيات الطاقية لأجهزة التشويش ومحطة الرادار .

ينطبق القول السابق ، مع إدخال التعديلات الضرورية ، على اعماء محطات الرادار ، التي تحدد الاتجاه إلى الهدف عن طريق مقارنة أطوار الإشارات ، المستقبلة بواسطة هوائيين (هوائي في كل مستوى) اللذان يوصلان بالتتابع مع القنال العامة لانتاج الاشارة .

ـ خامساً ـ التشويش على أقنية الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالمسافة في محطات الرادار النبضية

تستطيع محطات الرادار توجيه الأسلحة النبضية ، التي تحتوي على أقنية قياس المسافة إلى لهدف ، العمل في نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للأهداف بالمسافة .

يؤدي خرق عمل هذه القناة ، عادة ، إلى تقليل إمكانيات لا المنظومة الرادارية فقط ، بل كامل نظام التوجيه . لهذا تعتبر قناة قياس المسافة إلى الهدف وقناة الملاحقة الاوتوماتيكية بالمسافة هدفاً هاماً للمعاكسة الالكترونية .

لندرس التشويش ، الذي لا يسمح بقياس المسافة إلى الهدف والتقاطه بواسطة دارة الملاحقة الاوتوماتيكية بالمسافة ويخرق عمل نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف .

التشويش الضجيجي

تظهر دائماً الاشارات المنعكسة عن الهدف على مخرج مستقبل محطة الرادار النبضية ضمن خلفية الضجيج ، المولد من قبل المصادر الخارجية والمستقبل . لكن إذا لم يكن هنالك تشويش خارجي ، عادة ما يكون مطال الاشارة المفيدة المنعكسة عن الهدف الواقعة ضمن مجال مدى محطة الرادار ، أكبر بكثير من مطال الضجيج . لهذا يستطيع نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالمسافة تمييز الاشارة المفيدة من التشويش ضمن نبضة المسافة وتحديد تموضعها الزمني . يعرض لنا (الشكل 10–3) مقارنة شدة الاشارة المفيدة وشدة الضجيج المستقبلتين زمنياً عندما لا يوجد هنالك أي تشويش ضجيجي مقصود .





الشكل (10–3)

إشارة الهدف على مخرج مستقبل محطة الرادار .

أ ـ أثناء غياب التشويش ، ب ـ أثناء وجود تشويش منظم .

وهذا التناسب سرعان ما يتغير عندما يباشر الهدف الواقع ضمن مدى عمل محطة الرادار تشكيل تشويش ضجيجي مستمر . وهذا التشويش عبارة عن إشارات تردد عالي ذات تردد يساوي التردد الحامل لمحطة الرادار المستهدفة ، وهي معدلة (على سبيل المثال سعوياً) بجهد ضجيجي أو من قبل إشارة ضجيج عريضة المجال الامراري ، الذي يستطيع طيفها تغطية المجال الامراري للمحطة المستهدفة .

تشكل الجهود على مدخل المستقبل من قبل مجموعة جهود الاشارة المفيدة والتشويش وعندها سوف تزداد شدته العامة .

يتحسس نظام التغيير الاوتوماتيكي لتضخيم المستقبل أثناء قيامه بحماية المستقبل من زيادة الحمل باشارات الدخل الكبيرة ويعمل على تخفيض عامل التضخيم الكلي للمستقبل . لهذا تنخفض سعة الاشارة المفيدة عند مخرج مستقبل محطة الرادار وبالتالي عند مدخل نظام الملاحقة الأوتوماتيكية للهدف بالمسافة وتتغير العلاقة اشارة/ ضجيج لصالح الضجيج .

كلما كانت استطاعة التشويش الضجيجي على مدخل المستقبل أكبر ، كلما أصبح عامل التضخيم صغيراً ، عندما تحافظ استطاعة الأشارة المفيدة على قيمة ثابتة ، الأمر الذي يؤدي إلى تخفيض سعة الاشارة المفيدة على مخرج المستقبل . عندما تكون استطاعة التشويش غير كافية ، تضعف الاشارة المفيدة بذلك المقدار ، الذي فيه تصبح مغلقة بالتشويش (الشكل 10–3 ب) . عندها لا نستطيع تمييز الاشارة المفيدة عن الضجيج حسب فرق السعات . وتبدأ نبضة انتخاب المسافة القفز بين الضجيج والتقاط هذا النتوء أو ذاك من نتوءات جهد الضجيج ، ويصبح نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف مشلولا .

إنّ التشويش يكون فعالا ، فقط عندما يستطيع إعماء الاشارة المفيدة على مخرج المستقبل بشكل كامل . ولكي يستطيع نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالمسافة القيام بعمله الطبيعي من الضروري **أن تكون سعة الاشارة المفيدة عند مخرج المستقبل أكبر ، بعدد محدد من المرات ، من السعة المتوسطة لنتوءات الضجيج . وعندما تصبح استطاعة التشويش كافية لخرق العلاقة الحدية اشارة/** تشويش ، يتوقف العمل الطبيعي لنظام الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالمسافة ، وعندها لا تزيد قيمة سعة الاشارة المفيدة عن السعة المتوسطة لنتوءات الضجيج .

يتم استقبال اشارة التشويش في هذا الاسلوب من أساليب المعاكسة الالكترونية عن طريق الوريقة الرئيسة لمخطط الاشعاع الاحداثي لهوائي محطة الرادار المستهدفة ، الأمر الذي يقلل من الحاجة لقيمة استطاعية معينة لمحطة التشويش . وبسبب أنه لا يدخل إلى مستقبل المحطة المستهدفة عادة إلا جزء من استطاعة التشويش (لأن طيف التشويش عادة غير متوافق مع المجال الامراري

للمستقبل) ، تبقى هذه المتطلبات عالية وخاصة حين الحاجة لارسال تشويش تسديدي .

وحسب رأي الاخصائيين الأجانب تكون السلبية الكبيرة لهذا الأسلوب من أساليب المعاكسة الألكترونية هي في أنه من الممكن بسهولة كشف التشويش الضجيجي من قبل عامل محطة الرادار أو بواسطة تجهيزات أوتوماتيكية . ويتصف هذا النوع من التشويش بعدم تمكن نبضة المسافة من التقاط إشارة الهدف عندما يكون مستوى استطاعة إشارة الدخل المؤثرة على مستقبل محطة الرادار عالياً .

بعد اكتشاف التشويش الضجيجي يمكن عادة اتخاذ أساليب لابطال تأثيره أو تخفيض فعاليته . تتعلق هذه الأساليب بالمواصفات الفنية وبالأهمية التكتيكية للموقع ، الذي توجد فيه محطة الرادار وبالمواصفات الفنية للمحطة نفسها (مجال التردد ، إمكانية الانتقال من تردد إلى آخر وغيرها) ، وكذلك بمجموعة المعطيات الفنية والتكتيكية لهذه المنظومة ، التي ترتبط معها محطة الرادار المستهدفة وبمبادىء هذا الارتباط .

إلى جانب ذلك ، يمكننا توجيه الصواريخ والأسلحة الأخرى بطريقة تحديد الاتجاه السلبية إلى مرسل التشويش الضجيجي ذي الاستطاعة العالية .

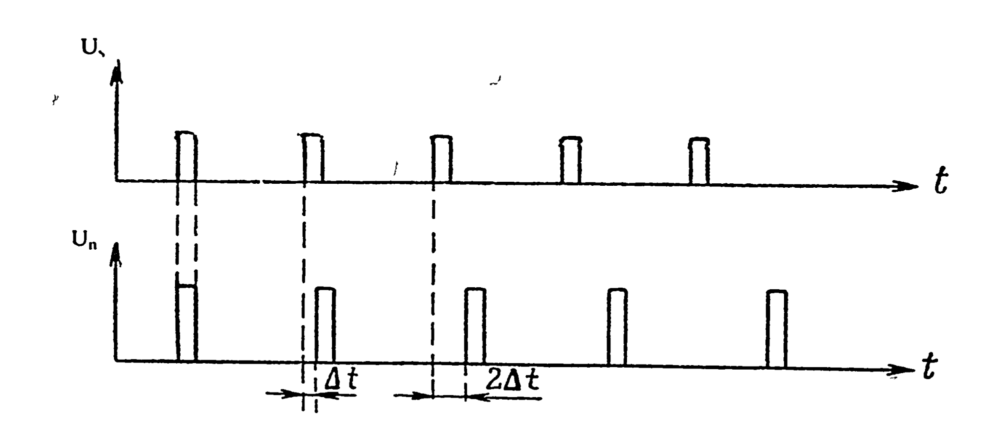
التشويش الذي يزيح نبضة المسافة .

ينحصر مبدأ هذا النوع من التشويش في تحريك نبضة المسافة من تلك النقطة الواقعة على محور الاحداثيات الزمني ، التي توافق المسافة الحقيقية للهدف الملتقط في نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالمسافة . ينتمي هذا النوع من التشويش إلى التشويش الجوابي التقليدي . يشكل التشويش نبضات تتطابق مواصفاتها مع مواصفات الاشارة الفعلية لمحطة الرادار المستهدفة فيما عدا الوضع الزمني .

نفترض أن الهدف يحتوي على مرسل تشويش ، الذي عندما تنار محطة راداره النبضية يبث تشويشاً على شكل مجموعة متتالية من الاشارات الجوابية . يتوافق العرض والتردد الحامل لاشارات التشويش مع نظيراتها عند الاشارات الفعلية لمحطة الرادار المستهدفة . أما لحظات إرسال إشارات التشويش فلها توافق معين مع لحظات الوصول إلى الهدف ـ مرسل تشويش الاشارات الأمامية (المباشرة) في محطة الرادار . ترسل أول مجموعة من الاشارات التشويشية في تلك اللحظة التي ينار فيها الهدف بإحدى النبضات المباشرة المرسلة من محطة الرادار ، أما اشارات التشويش الثانية فتكون مزاحة زمنياً بالنسبة لإشارة محطة الرادار المباشرة التالية بفاصل زمني قدره Δt ، وتكون إشارة التشويش الثالثة متأخرة بالنسبة للاشارات الأمامية (المباشرة) الثالثة بزمن قدره $2\Delta t$ وهكذا (انظر الشكل 4-10) .

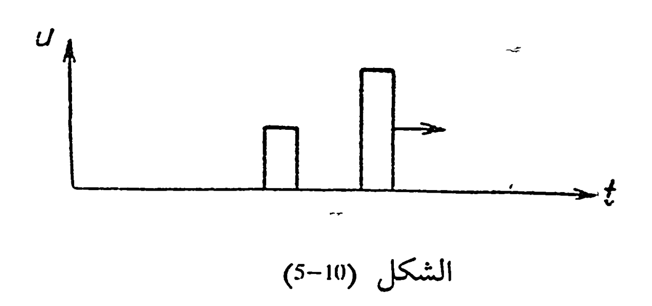
تعطي الاشارة المستقبلة على مدخل مستقبل محطة الرادار المستهدفة تصوراً كأن محطة الرادار

تلاحق هدفين يقعان على نفس المسافة ، يباشران الانفصال في لحظة بث مجموعات اشارات التشويش (انظر الشكل 10–5) . ولكي يصبح التشويش فعالاً ، يجب أن تكون استطاعة اشارات التشويش أكبر من استطاعة اشارات محطة الرادار . أما نبضة مسافة محطة الرادار ، فبعد زمن قصير ، تنتقل إلى ملاحقة الاشارة الأكبر استطاعة من بين الاشارتين المستقبلتين على دارة دخله ـ وهي اشارة التشويش ، أما إشارة الهدف فسوف لا نراها ضمن نبضة المسافة . وعند ارسال مجموعة من اشارات التشويش ، ستحصل محطة الرادار على معلومات غير صحيحة عن المسافة إلى الهدف ، وعندما يأتي دور تحديد سرعة الهدف من قبل تجهيزات حساب محطة الرادار ، حسب المسافة المحددة ، نحصل أيضاً على معلومات غير صحيحة عن السرعة . أما الاحداثيات الزاوية للهدف فتقاس في هذه الحالة دون أخطاء .



الشكل (10–4)

المخطط الاحداثي المبين للعلاقات الزمنية بين اشارات التشويش والاشارات الأمامية (المباشرة) أثناء تشكيل تشويش إزاحة لنبضة المسافة .



الشكل (10–5)

الإشارتان المفيدة والتشويشية عند مدخل مميز المسافة .

بعد نهاية ورود مجموعة اشارات التشويش ، تفقد الاشارة من نبضة المسافة وينتقل نظام ملاحقة الهدف إلى نظام البحث عن الهدف بالمسافة . لا تحصل محطة الرادار على أية معلومات عن احداثيات الهدف حتى انتهاء عملية البحث . وبعد أن يتم التقاط الهدف على الملاحقة الاوتوماتيكية ، تبدأ دورة جديدة لازاحة نبضة المسافة .

بهذا الشكل يتم تشويه المعلومات عن المسافة الآنية وسرعة الهدف بواسطة التشويش ، كما يتمكن الأخير من خرق الاستمرارية في المعلومات عن احداثيات الهدف الزاوي ، لأنها لا ترد في زمن البحث عن الهدف . يؤدي التقطع في ورود المعلومات إلى قنال قياس الزوايا في محطة الرادار ، عادة ، إلى زيادة الأخطاء في الملاحقة الزاوية أو قياس الاحداثيات الزاوية للهدف الملاحق .

سادساً ـ التشويش على قنال الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالسرعة لمحطات الرادار ذات الاشعاع المستمر .

تحتوي محطات الرادار الداخلة ضمن منظومة توجيه السلاح ، التي تعمل على نظام بث الاشارات المستمرة على قنال البحث والملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالسرعة (تردد دوبلر) . يمكن أن يكون التشويش الموجه إلى هذه القنال مموهاً ـ أي أنه يمنع استقبال الاشارات المنعكسة عن الهدف ، ومقلداً ـ يربط محطة الرادار المستهدفة لتتابع هدف وهمي ، سرعته تختلف عن سرعة الهدف الملتقط على الملاحقة الاوتوماتيكية .

كأمثلة على هذه الأنواع من التشويش ندرس التشويش الضجيجي والتشويش الذي يزيح نبضة السرعة لمحطة الرادار ذات الاشعاع المستمر .

التشويش الضجيجي : يجب أن يؤمن التشويش الضجيجي على أقنية الانتخاب ودارات الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالسرعة ، عدم السماح في تمييز الاشارة الفعلية لمحطة الرادار خلال خلفية الضجيج ، التي عبرها تمر الاشارة . يؤدي رفع مقدار استطاعة الاشارة المستقبلة عن طريق المستقبل إلى تمكن التشويش من خفض عامل تضخيم المستقبل وعندما يغلق الطريق أمام الاشارة الفعلية لمحطة الرادار ، لا يسمح التشويش بتمييز الاشارة عن الضجيج اعتماداً على مبدأ التمييز بالسعة (المطال) . تبدأ نبضة السرعة في نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالسرعة ، عند تأثير تشويش قوي ، القفز خلال الضجيج لاقطة هذه القمة أو تلك منه بشكل عشوائي ، هذه القمم التي تبرز في نقاط مختلفة على محور التردد ، وعندها يصبح عمل دارات الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالسرعة غير ممكن .

التشويش الذي يعتمد على مبدأ ازاحة نبضة السرعة : ينتمي هذا النوع من التشويش إلى النوع التقليدي . يمكن تشكيل هذا النوع من التشويش بواسطة مرسلات خاصة ، توضع على الأهداف المراد تغطيتها (إخفائها) بهدف الحماية الذاتية . والتشويش الضروري لإزاحة نبضة السرعة هو عبارة عن إشارة مستمرة ذات طبيعة جيبية يتغير ترددها دورياً ، على سبيل المثال ، حسب قانون سن المنشار .

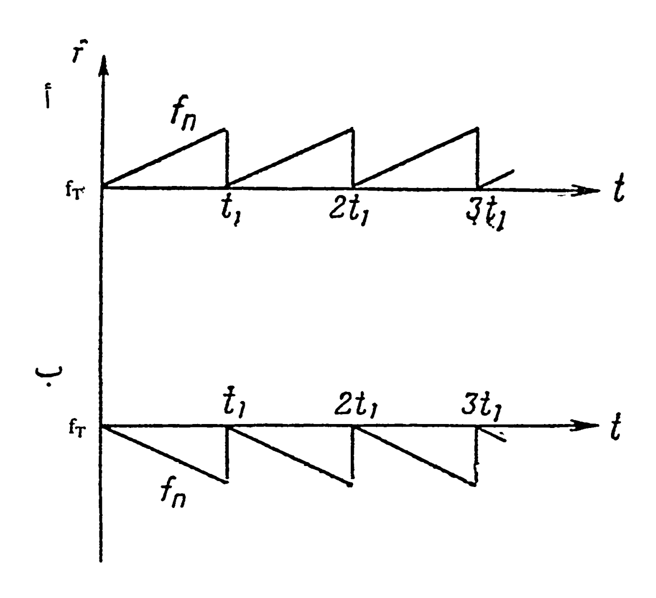
يعرض لنا الشكل (10–6) علاقة تردد اشارة التشويش بالزمن . يخضع تردد التشويش المؤثر في بداية كل دور من أدوار الاشعاع التشويشي المتطابقة مع تردد الاشارة المنعكسة عن الهدف (مصدر التشويش) f_T للزيادة :

$$f_n(t) = f_T + at; \qquad (30\text{-}10)$$

أو للنقصان :

$$f_n(t) = f_T - at;$$

حيث هنا a ـ عامل غير مرتبط بالزمن :



الشكل (10–6)

المخطط الاحداثي للتشويش ذي التردد المتأرجح .

يجب أن يأخذ التردد f_T بعين الاعتبار التردد الحامل للاشارة المباشرة (الأمأمية) لمحطة الرادار المستهدفة والازاحة الدوبلرية لهذا التردد نتيجة لحركة الهدف بالنسبة لمحطة الرادار المستهدفة :

$$f_D = \frac{2V_O}{C} f;$$

حيث هنا f ـ التردد الحامل للاشارة المباشرة (الأمامية) لمحطة الرادار .
V_0 ـ سرعة مصدر التشويش بالنسبة لمحطة الرادار .
C ـ سرعة الضوء .

ويُشكل الحقل المغناطيسي في تجويف هوائي محطة الرادار المستهدفة ، في هذه الحالة ، تحت تأثير اشارات التشويش . يمتلك هذا الحقل تلك الطبيعة ، التي كان سيحملها لو أنه وضع ضمن مجال المخطط الاشعاعي لمحطة الرادار المستهدفة هدفان يصلان بسرعات مختلفة ، يصل أحدهما في لحظة ، بدء دور الاشعاع التشويشي ويبدأ المناورة ويزيد سرعته (الشكل 10–6) أو يخفضها (الشكل 10–6 ب) . بهذا الشكل يقوم البث التشويشي بتقليد الهدف الثاني الوهمي ، الذي يسير بسرعة تختلف عن سرعة الهدف ـ مصدر التشويش .وتنتقل نبضة السرعة . وأثناء دور الازاحة هذا ، تحصل محطة الرادار على معلومات مشوهة عن سرعة وتسارع الهدف الملتقط على الملاحقة . وستنتج جميع تجهيزات الحساب في محطة الرادار ، التي ستستخدم هذه المعلومات كمعلومات دخل ، معطيات لا تتفق مع الوضع الحقيقي للمسرح الراداري لكننا ، نحصل على معلومات صحيحة عن الوضع الزاوي للهدف الملحق من قبل محطة الرادار أثناء إزاحة نبضة السرعة . بعد انتهاء دور الازاحة (اللحظة t_1 في الشكل 10–6) تختفي إشارة التشويش عن نبضة السرعة . وعندها تفقد محطة الرادار الهدف وخلال وقت لاحق ما ، لا تحصل على أية معلومات عن إحداثياته (بما فيها الزاوية) . ينتقل ناخب السرعة في محطة الرادار المستهدفة إلى نظام البحث عن الهدف بالسرعة (إذا كان هنالك مثل هذا النظام في المنظومة المعنية) ، وتبقى محطة الرادار بحالة اعماء إلى تلك اللحظة التي تلتقط فيها الهدف من جديد . ويبدأ الدور الجديد للازاحة منذ تلك اللحظة التي يتم فيها الالتقاط الثاني للهدف .

بهذا الشكل ، تحصل محطة الرادار المستهدفة ، خلال كل دور من أدوار البث التشويشي ، على معلومات مشوهة (غير صحيحة) عن سرعة وتسارع الهدف ، وتفقد بما فيها الاحداثيات الزاوية ، الأمر الذي يخرق استمرارية تيار المعلومات عن الوضع الزاوي للهدف .

تتعلق مقادير الاستراحات لتيار المعلومات عن الاحداثيات الزاوية للهدف بمواصفات منظومة

التشويش : سرعة الازاحة (العامل a في المعادلة 10-30) ، عرض نطاق الازاحة (t_1 في الشكل 10-6) ، ومميزات محطة الرادار المستهدفة ـ سرعة البحث عن الهدف بواسطة نبضة السرعة في كل حالة ، عندما تكون مواصفات محطة الرادار المستهدفة معلومة ومواصفات منظومة التوجيه أيضاً ، يمكننا حساب المقدار النسبي للاستراحات التي فيها تتوقف محطة الرادار عن الحصول على معلومات عن الوضع الزأوي للهدف ويمكن تحديد الأخطاء التي يسببها التشويش من خلال قياس سرعة وتسارع الهدف ، إذ يكون الخطأ أكبر كلما زادت سرعة الازاحة لنبضة السرعة إلا أنه لا يمكن زيادة هذه القيمة زيادة كبيرة جداً . إن نبضة المسافة هي عبارة عن عنصر عطالي في النظام ولا تستطيع متابعة التسارع الذي يزيد عن قيمة معينة تتعلق بقيمتها الهيكلية . إذا أصبحت سرعة تغيير التردد في المنظومة كبيرة جداً ، لا يمكن عندها متابعة البث التشويشي بواسطة نبضة السرعة وعندها يصبح التشويش غير فعال .

سابعاً ـ التشويش الايجابي على أقنية التوجيه والاتصال

تخصص أقنية التوجيه والاتصال لارسال أوامر التوجيه إلى الطائرات المطاردة المعترضة والصواريخ . يمكن للمعاكسة الألكترونية الموجهة إلى هذه الأقنية أن تؤدي إلى قطع دارة التوجيه ، أو تعقيد ظروف عمل كامل منظومة الدفاع الجوي .

تعمل أقنية التوجيه الراديوية الحديثة عادة على الأنظمة ، التي يستخدم فيها أمر التوجيه الوارد إلى القنال الراديوية من مخرج أجهزة الحساب والقرار لمنظومة التوجيه في مشفر القناة الراديوية لتعديل الترددات المرافقة للترددات الحاملة ، والأخيرة تقوم بدورها بتعديل الترددات الحاملة للقنال الراديوية .

تستقبل الاهتزازات المرسلة من قبل مرسل القنال الراديوية بواسطة المستقبل الموجود في الصاروخ (الطائرة) ، يقوم هذا المسقبل بتضخيم وكشف هذه الاهتزازات ويعطيها بعد ذلك إلى المشفر ، حيث هنالك يتم إنتاج أمر ، يؤثر ، على سبيل المثال ، على الطيار الآلي للطائرة أو الصاروخ .

تستخدم أقنية التوجيه والاتصال الراديوية مختلف أنواع التعديل . وعادة ما تصادف تجهيزات تكون فيها قيمة الأمر محتواة في المميزات المختلفة للاشارات أو في طريق تتابع النبضات . ينتمي لهذه الأقنية ، النبضية العريضة ، النبضية المرمزة (المكودة) والنبضية الطورية فيما يتعلق بطريقة التعديل .

إن إشارة القنال الراديوية ، بشكل عام ، هي عبارة عن مجموعتين من الاشارات المرمزة المتتابعة . المجموعة الأولى هي إشارة الارتكاز أما الثانية فهي الاشارة العاملة للقنال .

لكي نقوم بالتشويش على قنال التوجيه الراديوية يجب تسديد (إرسال) مجموعة مرمزة ارتكازية أو مجموعة مكودة (مرمزة تنفيذية) ، الأمر الذي يحول دون تنفيذ الأمر ، أو تشكيل أوامر توجيه كاذبة ، وهذا سوف يؤدي إلى حصول أخطاء في التوجيه .

يقسم التشويش ، حسب إمكانية دخوله في مجال التردد العملي للقنال الراديوية ، إلى تشويش تسديدي وتشويش حاجبي . في الحالة الأولى ، يجب أن يكون التردد الحامل لمرسل التشويش متطابقاً (بدقة لا تنقص عن عرض المجال الامراري للقنال الراديوية) مع التردد الحامل للقنال الراديوية . في الحالة الثانية ، يستطيع البث التشويشي إغلاق منطقة كاملة من المجال الترددي ، التي ضمنها تعمل قنال الاتصال أو التوجيه الراديوية المعادية أما حسب طريقة التعديل فيميزون ثلاثة أنواع من التشويش هي : الضجيجي ، النبضي والتسديدي المرمز .

يعتبر التعديل الضجيجي للاشارات التشويش الأكثر شيوعاً إلى الآن . ليس من الضروري ، عند تشكيل التشويش الضجيجي ، سطع نوع والمميزات التعديلية لإشارة القنال الراديوية العاملة ، الأمر الذي لا يُدخل أي تعقيدات فنية على النظام السطعي لمنظومة التشويش .

يستطيع التشويش الضجيجي القوي إصدار إشارات ارتكازية مرمزة واشارات عاملة مرمزة أيضاً وتوجيهها إلى القنال الراديوية أو إنتاج أوامر توجيه كاذبة . إذا كان التشويش الضجيجي ضمن مجال ترددي عريض ، يمكنه اعماء عدة أقنية راديوية في آن واحد ، تعمل على ترددات متقاربة .

يمتلك التشويش النبضي المرسل بطريقة تتابع عشوائية للاشارات والتي مميزاتها تتغير بقانون صدفي (التشويش النبضي العشوائي) ، تقريباً ، مثل هذه الامكانيات التأثيرية الواردة سابقاً .

عند توليد التشويش التسديدي المرمز ، يجب أن تختلف اشارات التشويش عن الاشارات العاملة للقنال الراديوية فقط ، بقيمة وإشارة الأمر (سالب أو موجب) ، بينما يجب أن تتطابق معها في جميع المواصفات الأخرى ، تستقبل هذه الاشارات بمستقبل القنال الراديوية ويتعامل معها المشفر بنفس الطريقة التي يتعامل فيها مع الاشارة العاملة . ونتيجة لذلك يعطى إلى دفات الصاروخ أو إلى

الطيار الآلي للطائرة أمراً مختلفاً عن الذي أرسل من قبل مرسل القناة .

يجب على المنظومة التي تقوم بتوليد مثل هذا النوع من التشويش أن تمتلك تجهيزات لقياس جميع مواصفات اشارة القناة الراديوية المستهدفة وان تقوم حسب نتائج القياس بتغيير مواصفات تعديل إشارةالتشويش.ويمكننا التوصل إلى ذلك ببساطة باستخدام مراسلات جوابية (إعادة بث) ، التي تقوم باستقبال اشارات القناة الراديوية وتضخمها وترسلها في اتجاه مستقبل هذه القناة . يجب على التشويش أن يقوم بتغيير تركيب اشارة القناة الراديوية محافظاً على جميع مواصفاتها ، مغيراً فقط قيمتها وقطبيتها (الأمن) . وهذه المميزات يجب أن يتم تغييرها بالشكل المناسب أثناء عملية إعادة البث . لهذا الغرض ، يضيفون إلى منظومة التشويش معدلات تشويش خاصة للتعامل مع الاشارة المعاد بثها .

تعمل العديد من الأقنية الراديوية في نظام الاتصال الهاتفي ، الذي تعطى فيه أوامر التوجيه بالصوت . كما تعمل على نظام الاتصال الهاتفي أقنية راديوية عديدة من أقنية الاتصال . يرسل التشويش على هذه الاقنية على تردد حامل ، بدقة لا تقل عن عرض المجال الامراري متطابقاً مع التردد الحامل للتجهيزات المستهدفة من القناة الراديوية . يمكن أن تكون أشكال التعديل مختلفة . وفي أبسط الحالات يمكن للتشويش أن يكون عبارة عن اهتزازات غير معدلة ذات تردد المحطة المستهدفة . إذ تقوم بتطبيق حمل زائد على دارات تضخيم المستقبل ، وتخفض بذلك من حساسيته ولا تسمح أو تعيق استقبال الاشارات . يمكن لهذا النوع من التشويش أن يكون فعالاً بما فيه الكفاية ، إلا أنه يتطلب إرسال استطاعة عالية ، الأمر الذي يؤدي إلى تعقيد تجهيزات المنظومة .

وفي بعض الحالات يمكننا التخلص من تأثيرها بإدخال فلاتر إلى دارات المستقبل مولفة على تردد التشويش .

هنالك نوع من التشويش المستخدم ، يكون معدلاً بالسعة على نغمة واحدة أو على عدة نغمات (تشويش ذي تعديل نغمي) . يجب أن يقع تردد الجهد المعدل ضمن حدود المجال ، الذي تقع فيه الترددات المعدلة لاشارة المحطة المستهدفة (على سبيل المثال ، عند الحاجة لاعماء الاتصالات الراديوية الهاتفية أو الارسالات ذات المجالات الترددية الواسعة الواقعة ضمن مجال الترددات الصوتية) . عندما تكون الاستطاعة قوية بما فيه الكفاية وعمق تعديل التشويش عميقا ، نسجل على التجهيز الأخير للقناة الراديوية المستهدفة (على سبيل المثال ، أثناء التنصت) نغمات التعديل التشويشي ، التي تعيق أو تمنع تمييز اشارة المراسل .

عند الحاجة لاعماء أقنية الاتصال الراديوية يستخدم بشكل واسع التشويش المعدل ضجيجياً ، لأنه يتصف بخواص تمويهية جيدة ، إلى جانب ذلك ، لا يحتاج هذا النوع إلى دقة عالية لمطابقة التردد الحامل لمرسل التشويش مع التردد الحامل للمحطة المستهدفة .

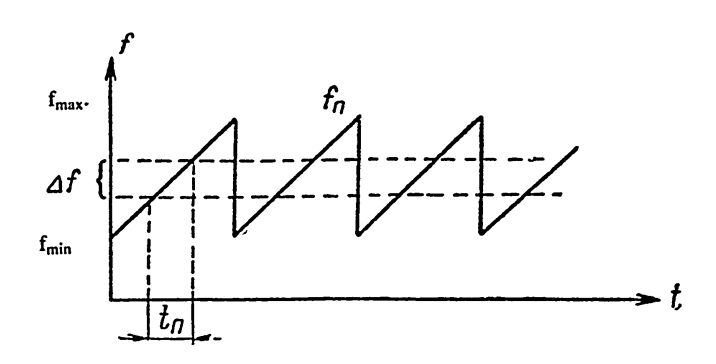
إن عرض طيف الاشارة العاملة لقنال الاتصال الراديوية ، على النظام الهاتفي ذات التعديل السعوي ليس كبيراً ، لهذا يتم اختيار طيف الضجيج المعدل لاشارة التشويش من النوع ذي العرض الضيق نسبياً ـ هذا لا ينطبق على تلك الحالات ، التي ينتج فيها تشويش تسديدي ، مخصص لاغلاق جزء كامل من المجال . ويجب أيضاً هنا العمل على تعريض طيف الضجيج المعدل ، عندما لا تتوفر إمكانية القياس الدقيق للتردد الحامل لمحطة الرادار المستهدفة .

يتصف إنتاج التشويش على اقنية الاتصال الراديوية ببعض التفرد وعادة يعتبرون أن تشكيل تشويش على محطات الرادار أمر متاح دائماً ، وعندما تقع الطائرة أو الصاروخ ضمن مجال كشف وسائط الدفاع الجوي ، يبرز سؤال عن منطقية اعماء أقنية الاتصال الراديوية بالتشويش ، ولكل حالة طريقتها الخاصة بها . فإذا كانت المعلومات المرسلة من قبل العدو ليست بالمعلومات التنفيذية المباشرة (أوامر) (على سبيل المثال توجيه الطائرة) ، التي يمكن فك شيفرتها ، عندها يكون من الأفضل التقاط المعلومات المرسلة بدلاً من اعماء قنال اتصالها الراديوية بالتشويش .

لا توجه الطاقة المرسلة من مرسل محطة الاتصالات المستهدفة بالضرورة إلى مصدر التشويش ، كالذي يكون عادة في حالة المعاكسة الألكترونية لتجهيزات محطات الرادار . إذ لا تتمتع مرسلات التشويش على أقنية الاتصال الراديوية بهذه الايجابية . إلى جانب ذلك ، يمكن لمرسل التشويش أن يكون واقعاً على مسافة كبيرة من المستقبل المستهدف ، أكبر من التي تكون بينه وبين مرسل القنال الراديوية المستهدفة . لهذا يجب الأخذ بعين الاعتبار ذلك الجزء ، الذي سيفقد من استطاعة التشويش أثناء انتشاره في الفضاء ، الذي سيزداد بعلاقة طردية مع المسافة مضروبة بالقوة أربعة وتصل حتى الستة . لهذا يتركزن منظومة التشويش بذلك الوضع الذي فيه تستطيع اصدار تشويش باستطاعات عالية . لهذه الأسباب تصبح استطاعة مرسلات التشويش على الأقنية الراديوية للتوجيه والاتصال قابلة للمقارنة مع استطاعة مرسلات التشويش على تجهيزات محطات الرادار وفي الكثير من الحالات تفوقها .

ثامنا ـ التشويش ذي التردد المتأرجح :

يمكن استخدام الاهتزازات المستمرة ، ذات التردد المتغير ضمن مجال عريض من f_{min}. حتى f_{max}. لمعاكسة مختلف مراحل عمل أنظمة الدفاع الجوي . يكون عرض هذا المجال $\Delta f_n = f_{max} - f_{min}$. وهذا يكون عادة أعرض بكثير من المجال الامراري Δf لمراكز المعاكسة الألكترونية (الشكل 10–7) .



الشكل (10–7)

المخطط الاحداثي لتأثير التشويش ذي التردد المتأرجح على المحدد الزاوي الراداري ذي الكنس المخروطي .

أحياناً ، يعدل التشويش مجال امراري ضيق $(\Delta f_n \approx \Delta f)$. في هذه الحالة يؤثر عادة على الوسائط الراديوية نبضات قوية ، يحدد عرضها t_n بعرض المجال الامراري للتجهيزات المستهدفة ، أما سرعة تبديل تردد التشويش وتردد المتابعة فيتعلق بعرض المجال الامراري Δf إلى جانب تعلقه بسرعة تبديل تردد التشويش .

يتعلق مدى تأثير هذا النوع من التشويش بوظيفة ومبدأ عمل التجهيزات المستهدفة وبمواصفات التشويش نفسه .

ينحصر تاثير التشويش ذي التردد المتأرجح على عمل أقنية التوجيه الراديوية ، العاملة على النظام النبضي في الآتي :ـ في الوقت الذي يمر فيه التشويش خلال المجال الامراري لتردد المستقبل ، لا يستطيع الأمر المرسل خلال الأقنية الراديوية من المرور إلى المرسل إليه . إذا كانت أزمنة استراحات مرور الأوامر كبيرة لدرجة كافية وتردد متابعتها عالياً ، يزداد الخطأ في توجيه الطائرة أو الصاروخ .

إذا كانت سرعة إعادة توليف مرسل التشويش كبيرة ، وعرض اشارة التشويش على مدخل مستقبل القنال الراديوية ضمن المجال الامراري اقل بكثير من دور المتابعة لنبضات الأمر المرسل ، عندها يظهر ضمن تركيبة الاشارة اشارات كاذبة . يمكن أن يؤدي هذا الأمر إلى تشكيل مزيج تركيبي من الاشارات ، لا يتوافق مع مضمون الأمر .

يتم تشكيل التشويش في مثل هذه الطريقة المدروسة من المعاكسة الألكترونيةَ في الوقت نفسه ،

ضد جميع الأقنية الراديوية ، التي ينحصر ترددها ضمن المجال Δf_n . بهذا الشكل نتجنب إمكانية التخلص من التشويش بالتغير البسيط لتردد الأقنية الراديوية . يساعدنا هذا الأمر في عدم اللجوء إلى تعقيد القسم الاستطلاعي من منظومة التشويش ، نظراً لعدم الحاجة إلى التحديد الدقيق لتردد القنال الراديوية .

لندرس تأثير التشويش ذي التردد المتأرجح على أنظمة الملاحقة الأوتوماتيكية الرادارية للهدف بالاتجاه ، التي تمتلك هوائيات كانسة . لنفرض ، على سبيل المثال أن الطائرة التي تحمل مرسل التشويش التقطت على الملاحقة الاوتوماتيكية بالاتجاه .

تتغير قوة الاشارة الناتجة عن مجموع الاشارتين (المنعكسة والتشويشية) ، المؤثرة على هوائي محطة الرادار الواقعة ضمن المجال الامراري بذلك الشكل الموضح على الشكل (10-8) وتتطابق أزمنة الزيادة في قوة الاشارة مع تلك الأزمنة ، عندما تكون الاشارة واقعة ضمن المجال الامراري للمستقبل ، في جزئه الخطي . أما انخفاض قوة الاشارة فيشير إلى ذلك الزمن ، الذي لا تقع فيه الاشارة في الجزء الخطي من المجال الامراري للمستقبل وبالتالي تؤثر على مدخله فقط تلك الاشارة المنعكسة عن الهدف . يقوم الهوائي الكانس لمحطة الرادار بتعديل مجموع الاشارتين بسعة اشارة الخطأ .

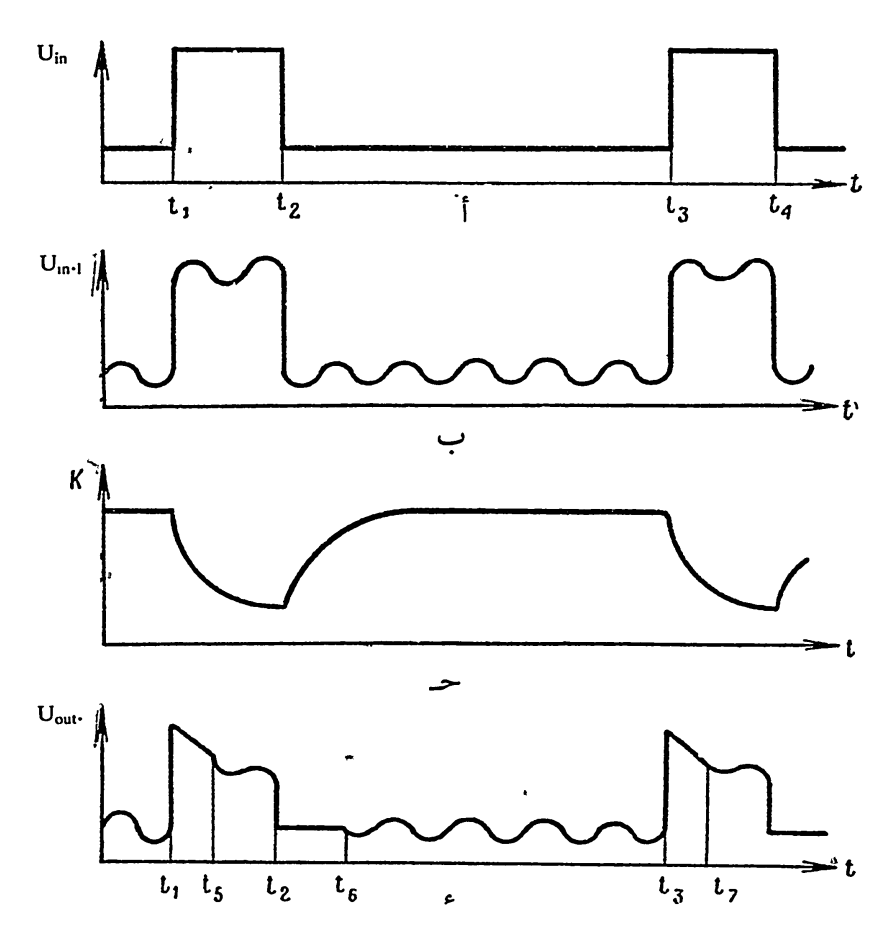
يعبر المنحني الموضح على الشكل (10-8 ب) عن الجهد $U_{in.1}$ الوارد إلى مدخل دارة التضخيم الأولي لمستقبل محطة الرادار . تحمل قيمتا الجهد وطوره الابتدائي معلومات عن الاتجاه إلى الهدف الملتقط على الملاحقة الاوتوماتيكية .

تمتلك جميع مستقبلات محطات الرادار دارات تعيير اوتوماتيكي للتضخيم ، تقوم بمهمة رفع العامل الكلي لتضخيم المستقبل عندما ينخفض جهد إشارة الدخل ، وينخفض هذا العامل عندما يزداد جهد إشارة الدخل . بهذا الشكل نحصل على استمرارية الحصول على جهود خرج ثابتة الجهد تقريباً من المستقبل عندما تتأرجح قيمة جهد دخله نتيجة اقتراب الطائرة حاملة محطة الرادار من الهدف أو ابتعادها عنه .

إلا أن نظام التعيير الاوتوماتيكي للتضخيم هو نظام عطالي ، إذ لا يستطيع التجاوب السريع أثناء قيامه بهذه المهمة ، عندما يكون التذبذب بالزيادة أو بالانخفاض للاشارة سريعاً . انظر الشكل (10-8 جـ) . يجب أن يكون مقدار السرعة التي يعير فيها نظام التعيير الاوتوماتيكي للتضخيم عامل تضخيم المستقبل أقل بكثير من سرعة تغيير مطال إشارة الدخل بسبب التعديل السعوي لهذه الاشارة من قبل هوائي محطة الرادار الكانس . بدون هذا سوف يقوم نظام التعيير الاوتوماتيكي للتضخيم بنزع التعديل السعوي عن إشارة الدخل بواسطة جهد الخطأ وعندها سوف تفقد محطة الرادار مواصفاتها المفيدة .

بهذا الشكل وبعد بعض الوقت من مرور اشارة التشويش خلال المجال الامراري للجزء الخطي للمستقبل سوف تزيد قوة اشارة دخل المستقبل زيادة كبيرة (اللحظات t_1 ، t_3 في الشكل 10-8 أ) ، أما عامل تضخيم المستقبل فيبقى كبيراً . ويكون الجهد الداخل إلى دارات تضخيم المستقبل في هذه الأثناء كبيراً جداً ، لأنه يحدد بالتأثير المتزامن لاشارة التشويش والاشارة المنعكسة عن الهدف على محطة الرادار . ونتيجة لذلك نلاحظ زيادة حمل على دارات خرج مستقبل محطة الرادار من قبل إشارة دخل قوية وعندها لا يمكن ظهور التعديل السعوي المفيد بتردد الكنس على المخرج .

لاحقاً يقوم نظام التعيير الاوتوماتيكي للتضخيم بتخفيض عامل تضخيم جميع دارات المستقبل إلى تلك الدرجة التي يخرجها فيها من نظام زيادة الحمل ومن جديد تظهر بعد ذلك اشارة الخطأ على مخرج المستقبل على شكل جهد بشرط أن يعدل التشويش سعوياً على حساب كنس هوائي استقبال محطة الرادار . وبالتدريج يعود نظام التعيير الاوتوماتيكي للتضخيم بتخفيض عامل تضخيم جميع دارات المستقبل بشكل يتناسب مع المستوى العالي لاشارة الدخل .



الشكل (10-8) ـ لتوضيح تأثير التشويش المتأرجح التردد على أنظمة الملاحقة الأوتوماتيكية الرادارية للهدف بالاتجاه ، التي تمتلك هوائيات كانسة

في ذلك الوقت ، الذي تخرج فيه اشارة التشويش من المجال الامراري للجزء الخطي لمستقبل محطة الرادار (اللحظات t_2 ، t_4 في الشكل 10-8 أ) ، ينخفض جهد اشارة دخل المستقبل انخفاضاً كبيراً ، لأنه سوف يحدد من قبل الاشارة المنعكسة عن الهدف فقط . ويبقى عامل تضخيم جميع دارات المستقبل صغيراً لكن لبعض الوقت ، الذي يتبع انخفاض قيمة اشارة الدخل . بعدها يبدأ التزايد بشكل بطيء انطلاقاً من تلك القيمة الموافقة للمستوى العالي لاشارة الدخل ، المتشكلة عند تاثير التشويش على مدخل محطة الرادار .

عندما يكون مستوى اشارة الدخل منخفضا وعامل تضخيم المستقبل صغيرا لا تكون هنالك إمكانية لظهور اثر اشارة الدخل المعدلة على المخرج وعندها سوف لا يتابع جهد اشارة الخطأ لبعض الوقت طريقه إلى دارات نظام الملاحقة الزاوية للهدف الواقعة بعد المستقبل . ومع مرور الزمن تقوم دارة التعيير الاوتوماتيكي للتضخيم بتثبيت عامل التضخيم على تلك القيمة الموافقة للمستوى المنخفض لاشارة الدخل ،وبعد ذلك يعود المحدد الاحداثي لتنفيذ عمله الطبيعي .

يعرض الشكل (10-8 ء) جهد خرج (U_{out}) الدارة الأخيرة من دارات التضخيم المتوسط للتردد لمستقبل محطة الرادار . وخلال الأزمنة t_1-t_5 ، t_3-t_7 لا يعدل هذا الجهد بواسطة اشارة الخطأ ، نظراً لأن مستقبل محطة الرادار يكون تحت تأثير اشارة تشويش قوية ، تظهر فجأة في المجال الامراري وعندها لا تستطيع دارة التعيير الاوتوماتيكي للتضخيم أن توافق عملها مع معدل الانخفاض في عامل تكبير دارات التضخيم . وخلال الزمن من t_2-t_6 لا يظهر جهد على مخرج الجزء التضخيمي للمستقبل ، يكون معدلاً بإشارة الخطأ بسبب الانخفاض الحاد لقيمة إشارة الدخل الذي سببه خروج التشويش من المجال الامراري للجزء الخطي للمستقبل ، وعدم استطاعة دارة التعيير الأوتوماتيكي للتضخيم من ملاحقة مثل هذه الزيادة في عامل التكبير .

ينحصر جوهر تأثير التشويش في إعطاء المعلومات عن الوضع الزاوي للهدف الملتقط على الملاحقة الاوتوماتيكية بالاحداثيات الزاوية ، إلى دارة الملاحقة الزاوية بشكل متقطع وكأن هذا يجري بغياب التشويش ، وبشكل أدق ، تعطى المعلومات بفواصل (استراحات) ، إذا تكررت هذه الاستراحات كثيراً وكانت طويلة ، عندها ستزيد قيمة الخطأ في الملاحقة الاوتوماتيكية الزاوية زيادة كبيرة وعندها يصبح احتمال ضياع الصاروخ كبيراً . تتعلق قيمة الاستراحات في ورود المعلومات وترددها التكراري بمميزات نظام المعايرة الاوتوماتيكية لتضخيم المستقبل المستهدف وبخواص اشارة التشويش .

يجب أن تكون فترة ظهور التشويش ضمن الجزء الخطي لمجال امرار المستقبل المستهدف قريبة

بالقيمة من ذلك المجال الزمني الذي يستطيع فيه نظام التعيير الاوتوماتيكي للتضخيم أن ينتج اشارة دخل تتغير قيمتها بشكل قفزي . ويجب أن تكون الاستراحات بين اشارات التشويش في المستقبل بتلك القيمة أيضاً ، وإذا لم تنفذ هذه الشروط لا يصبح التشويش فعالاً . ومثل هذا التشويش يجب إنتاجه في تلك الحالة ، التي يكون معروفاً فيها المجال ، الذي يقع ضمنه التردد الحامل لمحطة الرادار المستهدفة .

الباب الحادي عشر

استخدام التشويش السلبي لاعماء محطات الرادار.

اولاً ـ استخدام العواكس الديبولية لاعماء محطات رادار الكشف والتوجيه .

يمكن استخدام العواكس الديبولية لإعماء محطات رادار الكشف والتوجيه النبضية . ولهذا الغرض يقومون بالاسقاط الدوري (على سبيل المثال من الطائرة) .

ـ مصدر التشويش ، لحزم من الديبولات ، التي بتبعثرها تشكل غيوم ديبولية . إذا كان توتر إسقاط الحزم عالياً ، عندها ستتجمع الغيوم سوية لتشكل معاً منطقة ، تكون الديبولات في داخلها متوزعة بشكل عشوائي . تسمى هذه المناطق ، بحقول العواكس الديبولية . وبعد انعكاس الاشارات عن هذه الحقول الديبولية ، سوف تقوم بانارة شاشات محطة الرادار في نقاط توافق احداثياتها المواقع الفعلية لهذه الحقول ، وتتشكل على الشاشة ما يسمى بالكاريدورات المضاءة . تتعلق شدة إضاءة كل كاريدور باستطاعة الاشارة المنعكسة عن الديبولات ، التي تكون عند تعادل الظروف جميعها متناسبة طرداً مع هذه الديبولات الموجودة في الحقل ، والتي تقوم في الوقت نفسه بعكس الاشارة الواردة من محطة الرادار ، إذا كانت هذه الاضاءة قوية بما فيه الكفاية عندها سيصبح من غير الممكن تمييز علامات الأهداف الحقيقية خلال هذا الكاريدور ، على سبيل المثال ، لطائرة كانت تطير في المجال الديبولي .

تتعلق درجة الحماية من التشويش ، المشكل بواسطة الديبولات ، لمحطة الرادار بما يسمى بعامل الاعماء K_n ، وكما عليه الحال ، عند تأثير التشويش الايجابي ، يحدد هذا العامل بالنسبة الاصغرية اللازمة بين استطاعة التشويش واستطاعة الاشارة المفيدة ، على مدخل مستقبل محطة الرادار المستهدفة ، التي عندها ينخفض احتمال اكتشاف الهدف ضمن طيف التشويش إلى قيمة معينة :

$$K_n = \left(\frac{P_n}{P_S} \right)_{in.min.} \qquad (1\text{-}11)$$

بهذا الشكل يتم اعماء محطات الرادار بالتشويش السلبي إذا تحققت هذه العلاقة :

$$P_n \geqslant K_n . P_S \qquad (2\text{-}11)$$

بما أنه ، أثناء طيران الطائرة في حقل العواكس الديبولية ، ترد الاشارتان المفيدة والتشويشية معا إلى مدخل محطة الرادار بمسافة واحدة ، فيمكننا أنّ نحصل على المعادلة الاتية بدلاً من المعادلة . (2–11)

$$\sigma_O \geqslant K_n . \sigma \qquad (3\text{-}11)$$

حيث هنا σ_0 ـ السطح العاكس الكلي لتلك الديبولات ، التي تنار ، في الوقت نفسه ، من قبل محطة اشارة الرادار ، أي تلك التي تقع في الحجم النبضي للمحطة (الحجم الذي تتوزع فيه طاقة اشارة أمامية مباشرة واحدة) . ومساحة هذا السطح تتعلق (الشكل 11–1) بعرض نبضة محطة الرادار (τ_P) وبعرض الوريقة الرئيسة لمخطط الاشعاع الاحداثي للهوائي بمستويي زاوية المكان والاتجاه θ_0 ، φ_0 وبالمسافة المحصورة بين محطة الرادار والحقل الديبولي . وتساوي :

$$V_{P.O} = \frac{C.\tau_P}{2} . D^2 . \varphi_O . \theta_O \qquad (4\text{-}11)$$

حيث هنا θ_0 ، φ_0 ـ تقاس بالدرجات .

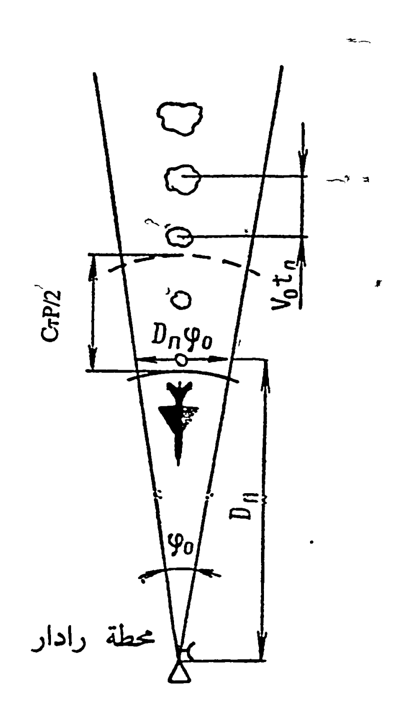
لهذا يجب اسقاط الديبولات بتلك الكمية ، ليصبح السطح العاكس الكلي للديبولات σ_0 الواقعة ضمن الحجم النبضي لمحطة الرادار ، أكبر بـ K_n مرة من السطح العاكس للهدف المغطى بالتشويش .

وعند اجراء الحسابات اللازمة لتشكيل التشويش ، عادة ما يكون معروفاً الآتي : عامل اعماء محطة الرادار K_n ، الزوايا θ_0 ، φ_0 ، عرض الاشارة الامامية (المباشرة) لمحطة الرادار τ_p ، التموضع النسبي بين محطة الرادار وحقل التشويش ، السطح العاكس الفعال لحزمة العواكس الديبولية σ_n . ينتج عن هذه الحسابات تحديد لتواتر اسقاط حزم العواكس الديبولية t_n (الزمن الواقع بين كل اسقاطين) . أما طرق اجراء الحسابات فهي مختلفة في الظروف التكتيكية المختلفة .

لنشرح ما ورد سابقاً بالأمثلة العددية . نفترض أن هدف حقل التشويش هو تغطية تيار من

الطائرات المنفردة ، تطير بسرعة $V_0=200$م/ ثا على خط طيران ، محوره يمر خلال موقع محطة الرادار . وعرض الوريقة الرئيسة لمخطط اشعاع الهوائي الاحداثي لمحطة الرادار في المستويين الافقي والعمودي يساوي على التسلسل $\varphi=1,0$ درجة $\theta_0=12^0$ ، $\tau=1$ ميكرو ثانية ، أما عامل اعماء محطة الرادار بواسطة التشويش السلبي فهو $K_n=2$. ولنفترض أن السطح العاكس لكل طائرة يراد تغطيتها هو $\sigma=50$ م^2 ، وأن هذه القيمة تعبر عن مساحة الانعكاس الفعالة لحزمة الديبولات ($\sigma_n=50$ م^2) .

المطلوب ـ حساب التوتر اللازم لاسقاط الحزم على النقاط من خط الطيران ، التي تبعد عن محطة الرادار بمسافة $D_n>50$ كم (الشكل 11-1) .



الشكل (11-1)

وضع حقل الديبولات أثناء طيران طائرة تصدر التشويش في اتجاه محطة الرادار .

تتميز هذه الحالة المدروسة بأن أبعاد الحجم النبضي لمحطة الرادار في الاتجاه العمودي وفي ذلك الاتجاه المتعامد مع محور خط الطيران ($D_n\varphi_0, D_n\theta_0$) عندما تكون قيم D_n كبيرة جداً ، تصبح أكبر من الأبعاد الموافقة لها لحقل التشويش .

فعلى سبيل المثال ، عندما تكون $D_n=50$ كم و $\varphi_0=1,0°$ تصبح $D_n.\varphi_0=960$ م ، وعندما تكون

$50 < D_n$ كم تصبح $D_n \varphi_0$ أكبر من ذلك . ومن هنا ، يمكننا القول ، أن الديبولات المسقطة من قبل حامل التشويش على مسافة $C\tau_p/2$ (على طول الحجم النبضي) ، ستقع في الحجم النبضي لمحطة الرادار . ويكون تواتر الاسقاط :

$$t_n = \frac{C.\tau_p}{2} \cdot \frac{\tilde{\mathfrak{Z}}_n}{V_o.K_n.\tilde{\mathfrak{Z}}} \qquad (5\text{-}11)$$

أما في مثالنا العددي فيكون التواتر الزمني اللازم :

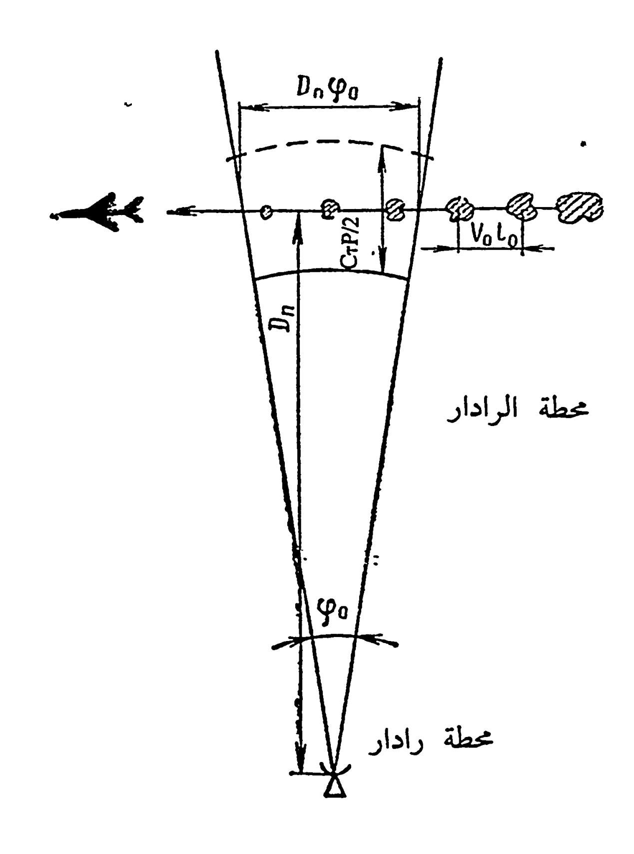
$$t_n = \frac{3\times10^8\times10^{-6}\times50}{2\times200\times2\times50} = 0{,}375 \quad \text{ثانية}$$

إذا كان هدف حقل العواكس هو تغطية تيار من طائرات مفردة ، لها نفس المواصفات وتطير على خط طيران ، ينحرف محوره عن الاتجاه على محطة الرادار المستهدفة (الشكل 11–2) ، فعندها ستزيد كمية الديبولات ، التي تسقط في الحجم النبضي للمحطة عندما تبقى كثافة الحقل ثابتة ، الأمر الذي يسمح بتخفيض كثافة الحقل ، أي تواتر إسقاط الحزم الديبولية . في الحقيقة ، أنه ، في هذه الحالة المدروسة ، إذا كان عرض الحقل لا يزيد عن القيمة $c.\tau_p/2$ ، ستسقط في الحقل النبضي جميع الديبولات ، المسقطة على المسافة $D_n.\varphi_0$ ولهذا يتوجب علينا أن نُؤمن التواتر الآتي :

$$t_n = \frac{D_n.\varphi^o_o.\tilde{\mathfrak{Z}}_n}{57.3.V_o.K_n.\tilde{\mathfrak{Z}}} \qquad (6\text{-}11)$$

وعندما تكون $D_n=50$ كم نحصل على تواتر يساوي 2,2 ثانية .

إن أهم مواصفات حقل العواكس الديبولية هي عرض L_n وكثافة توزع العواكس الديبولية على المقطع الجانبي ، المحددة بالعلاقة (11–2) . وتعتبر طبيعة انتشار الديبولات بالاتجاه العمودي على محور المجال من أهم مواصفات الحقول الديبولية المخصصة والمشكلة لاعماء محطات رادار المراقبة . ويفسر هذا بأن الديبولات أثناء انتشارها في الاتجاه العمودي لا تخرج من الحجم النبضي لمحطة الرادار ، لأن المخطط الاحداثي لهوائيات محطات رادار المراقبة يكون عادة عريضاً في المستوى العمودي . وعندما يكون تواتر اسقاط الديبولات عالياً تلتحم عندها الحزم الديبولية المشكلة ولا تغير طبيعة انتشار الديبولات من كثافتها النسبية لأن انتقال تيار الديبولات من غيمة إلى أخرى يعوض بالتيار المقابل أما انتشار هذه الديبولات في الاتجاه المتعامد مع محور الحقل فيؤدي إلى تغيير في عرض الحقل وزيادة في كثافة الديبولات فيه ولهذا أهمية كبيرة عادة .



الشكل (11-2)

تشكيل حقول ديبولية أثناء طيران حامل التشويش بشكل منحرف عن محطة الرادار المستهدفة .

إذا اعتبرنا أن المحور Z عمودياً والمحور Y يتطابق مع منصف الحقل وعرض الحقل L_n أكبر بكثير من $D_n.\varphi$ أو $(\sqrt{D_X.t} \geqslant D_n.\varphi_O)$ ، عندها سيتعلق عدد

الديبولات الساقطة في الحجم النبضي لمحطة الرادار بوضع هذا الحجم نفسه على المحور X ويمكننا أن نحسبه بشكل تقريبي من المعادلة التالية :

$$N(x,t) \approx \frac{\eta_{NO}}{\eta\sqrt{\pi D_x.t}} \cdot \frac{C.\tau_P}{2v_O.tn} . D_n.\varphi_O.e^{-\frac{x^2}{4D_X.t}} \qquad (7\text{-}11)$$

وفي هذه الحالة المدروسة ، يعتبر عدد الديبولات الواقعة في الحجم النبضي عبارة عن تابع للاحداثي x والزمن t، الذي يقاس انطلاقاً من لحظة بداية تشكل الحقل . وستصبح المساحة العاكسة الكلية للديبولات الواقعة في الحقل النبضي عبارة عن تابع للاحداثي x والزمن t :

$$\mathfrak{S} = \mathfrak{S}_D .\ N\ (x,t) = \mathfrak{S}\ (x,t)$$

وتصبح استطاعة الاشارة ، المنعكسة عن الديبولات الواقعة في الحقل النبضي :

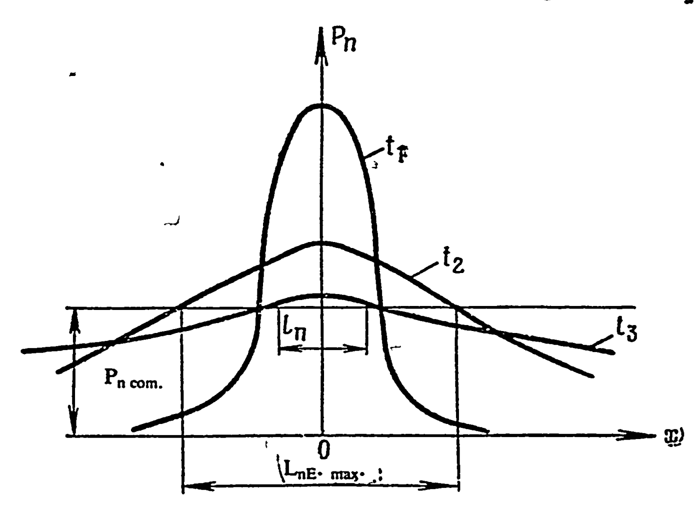
$$P_n = \frac{P_s.G^2{}_S.\lambda^2}{64.\pi^3.D_n^4} .\mathfrak{S}\ (x,t) \qquad (8\text{-}11)$$

أي عبارة عن تابع للاحداثيين السابقي الذكر (عندما يتحقق الشرط

$\sqrt{D_x.t} \geqslant D_n.\varphi_o$) . وسيستقبل مستقبل محطة الرادار المستهدفة

كامل هذه الاستطاعة . يوضح الشكل (11–3) المنحنيات ، التي بنيت (رسمت) انطلاقاً من المعادلة (11–8) وتبين كثافة توزع الديبولات وبالتالي قيم الاستطاعة المنعكسة عنها على المحور x في مختلف الأزمنة ($t_1<t_2<t_3$) . ويبين المستقيم العمودي على المحور x المستوى الأدنى لاستطاعة الاشارة المنعكسة عن الديبولات ، في الحالة التي لا تزال فيه الاشارة المنعكسة عن الهدف مغطاة بالتشويش ، وبذلك تنفذ شروط المعادلة (11–3) . ويحدد عرض حقل العواكس الديبولية L_n بين قيم الاحداثي x ، الموافقة لمستوى هذه الاستطاعة المنعكسة .

وعند الحاجة لتحديد حقول العواكس الديبولية من الضروري معرفة عرض ووضع تلك المنطقة من الفضاء ، التي يكون التشويش ضمنها فعالاً أي يستطيع تغطية الهدف وجعله غير مرئي رادارياً . يسمى عرض مثل هذا الحقل بالعرض الفعال لحقل التشويش . وهذا العرض لا ينطبق دائماً مع القيمة L_n ويتعلق إلى حد بعيد بالمسافة المحصورة بين الهدف المغطى ومحطة الرادار المستهدفة وكذلك بالتموضع النسبي بين حقل التشويش ومحطة الرادار المستهدفة .



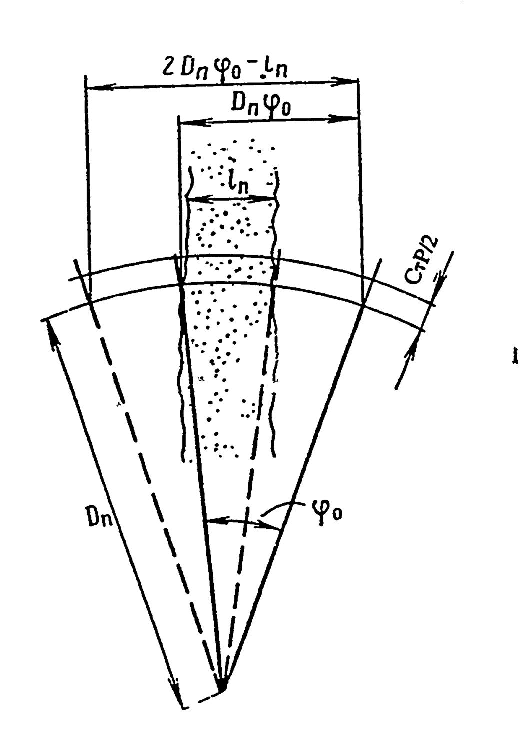
الشكل (11–3) تغير قيمة استطاعة الاشارة المنعكسة وعلاقته بطبيعة التبديل في وضع الحجم النبضي مع الزمن

لندرس مسألة تتعلق بالعرض الفعال لحقل التشويش في الظروف ، التي يصبح فيها خط طيران الهدف المراد تغطيته ماراً خلال المحطة المستهدفة . في هذه الحالة وعندما تكون المسافة D_n (بين محطة الرادار والهدف) كبيرة ، يرتفع مقدار عرض الحجم النبضي لمحطة الرادار بذلك الشكل ، الذي يزيد فيها كثيراً عن عرض حقل الديبولات العاكسة $L_n << D_n \cdot \varphi_0$) . وعندها يصبح العرض الفعال لحقل التشويش :

$$L_{nE} = 2D_n \cdot \varphi_o - L_n \qquad (9\text{-}11)$$

في الحقيقة ، إذا وقع الهدف ضمن الحقل الموضح على الشكل (11–4) ، فسوف يقع في شعاع محطة الرادار ومعه حقل الديبولات ويشكل على شاشة جهاز العرض علامة على نصف قطر الشاشة ، الذي يكون مضاء بالاشارات المنعكسة عن حقل الديبولات . لهذا وعندما يكون الهدف بعيداً جداً عن محطة الرادار ، يمكن للهدف أن ينحرف قليلاً عن هذا الحقل إلا أنه يبقى عصياً عن الكشف .

إلا أن الوضع يتبدل جذرياً عندما يقترب الهدف من محطة الرادار . وعندها لا تتحقق العلاقة $L_n << D_n \cdot \varphi_0$ (أي عند انخفاض قيمة D_n) ، كما أن عرض الحجم النبضي يبقى دون عرض حقل الديبولات .



الشكل (11–4)

لتحديد العرض الفعال لمجال امرار العواكس الزاوية .

ولتأمين تغطية ذاتية ، يجب على الهدف أن يسير ضمن حدود ذلك الجزء من الحقل ، الذي تكون فيه كثافة الديبولات كافية ، والاشارات المنعكسة عنها كافية لتغطية الهدف (تمويهه) . يحدد العرض الفعال لحقل التشويش بالمعادلة التالية :

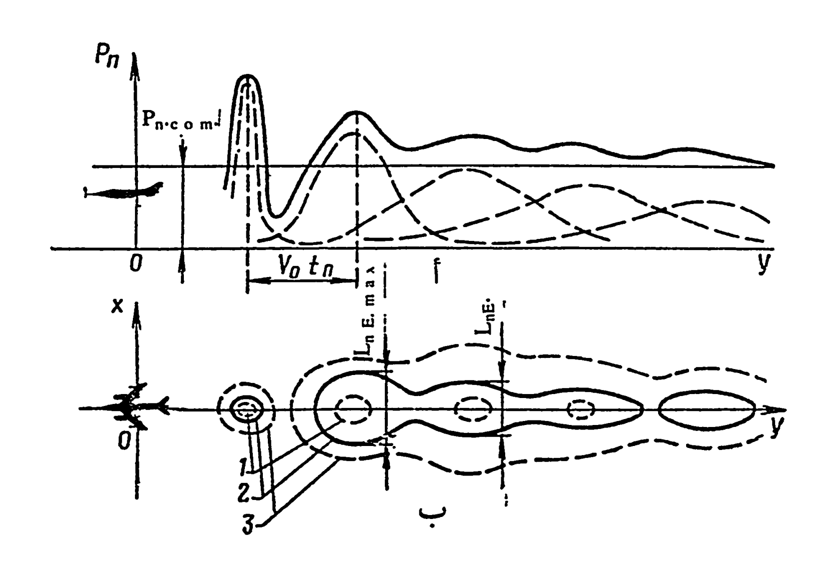
$$L_{nE} = \sqrt[4]{-D_x.t.\ln \frac{4^4\pi^{7/2}.Dn^3\sqrt{Dx.t.}\ V_o.tn.P_{n.com.}}{P_{p.}G_s^2.\lambda^2.\eta.\mathfrak{S}_n.C\tau_{.p}.\varphi_o}} \qquad (10\text{-}11)$$

حيث هنا : $P_{n \cdot com}$ ـ المستوى الأصغري للاستطاعة ، الذي يؤمن تمويه اشارة الهدف (الشكل 4-11) ، أما بقية القيم فموضحة سابقاً .

ينتج من المعادلة (10-11) ، أن عرض حقل التشويش المدروس هو تابع زمني ، لذلك الزمن الذي يقاس اعتباراً من لحظة تشكيل الحقل ويفسر هذا الأمر كالآتي : بعد أن تكون حزم الديبولات قد انتشرت يبدأ تفرق الديبولات نتيجة لتأثير عامل الانتشار التوربيني الشريطي وعندها ستحتل حزم الديبولات حجماً يكبر باستمرار ، ونتيجة لذلك تزيد قيمة العرض الفعال لحقل التشويش . إلا أنه وعلى التوازي مع الاتساع في الحقل ، تنخفض كثافة توزع الديبولات في جميع المقاطع ، وبالتدريج سينخفض ذلك الجزء من الحقل ، الذي يستطيع تأمين تمويه الهدف وعندها سوف ينقص العرض الفعال لحقل التشويش .

يقدم لنا تحليل المعادلة (10-11) أنه لكي يمتلك حقل الديبولات العاكسة عرضاً فعالاً أعظمياً ، نحتاج إلى الزمن الآتي :

$$t_M = \frac{1}{e}\left(\frac{P_P.G_s^2.\lambda^2.\mathfrak{S}_n.C.\tau_p.\varphi_o}{4^4.\pi\ \ .P_{n.com.}.D_n^3\sqrt{D}x.V_o.tn}\right) \qquad (11\text{-}11)$$



الشكـل (5-11)

خط الاستـطاعـات المتسـاويـة لـلاشـارة المنعكسـة في المسـتـوى الأفقي .

$P_{n.com.} > P_n$ -3 $P_{n.com.} = P_n$ -2 $P_{n.com.} < P_n$ -1

وعند ذلك سيصبح العرض الفعال الأعظمي لحقل التشويش :

$$L_{nE.max.} = 4\sqrt{D \times .t_M} \quad (12\text{-}11)$$

وعند ذلك ، يكون قد مر من لحظة إسقاط الديبولات الزمن :

$$t_o = e.t_M. \quad (13\text{-}11)$$

أما مقدار العرض الفعال لحقل التشويش فيصبح مساوياً للصفر . وعند ذلك سوف تنخفض كثافة توزع الديبولات العاكسة نتيجة لهذا الانتشار إلى تلك الدرجة ، التي يفقد عندها حقل التشويش خصائصه التمويهية .

أما التغير في القيم P_n و L_{nE} على طول حقل الديبولات العاكسة نتيجة لتغير المسافة بين مسقط التشويش والمنطقة التي تستقبل الأشعة المنعكسة عن الفضاء ، فيوضحها الشكل (5-11) . من

الشكل (11–5أ)) نرى مقدار تغير P_n عندما يبتعد الحجم النبضي عن مصدر التشويش على طول المحور Y أما الشكل (11–5 ب) ، فيوضح لنا منحنيات الاستطاعات المتساوية في المستوى xoy ، المنعكسة عن حقل الديبولات العاكسة . أما الخط غير المتقطع فيعبر عن المستويات الأصغرية لاستطاعات الاشارات المنعكسة عن الديبولات لتأمين الاعماء الفعال لمحطة الرادار $P_n=P_{ncom}$. أما الأهداف ، الواقعة داخل هذا الحقل ، المحدد بهذا المنحني فستغطى بالتشويش . أما المنحنيات النقطية والمتقطعة فإنها توافق الحالات التالية $P_n<P_{n\cdot com}$, $P_n>P_{ncom}$ و . ويمكننا بواسطة المنحنيات $P_n=P_{n}com.$ بسهولة ، تحديد القيم L_{nE} و $L_{nE,max}$. أما المسافة بين الطائرة ـ مصدر التشويش وذلك القطاع من حقل الديبولات العاكسة عندما يكون $P_n = P_{n.max.}$ فتساوي $V_o t_M$ ، والمسافة بين مصدر التشويش وذلك المكان ، حيث يفقد حقل العواكس الديبولية خواصه المموهة فتساوي $V_o t_o$.

ثانياً : ـ استخدام العواكس الديبولية لتشكيل تشويش على محطات رادار ملاحقة الهدف بالاتجاه والمسافة .

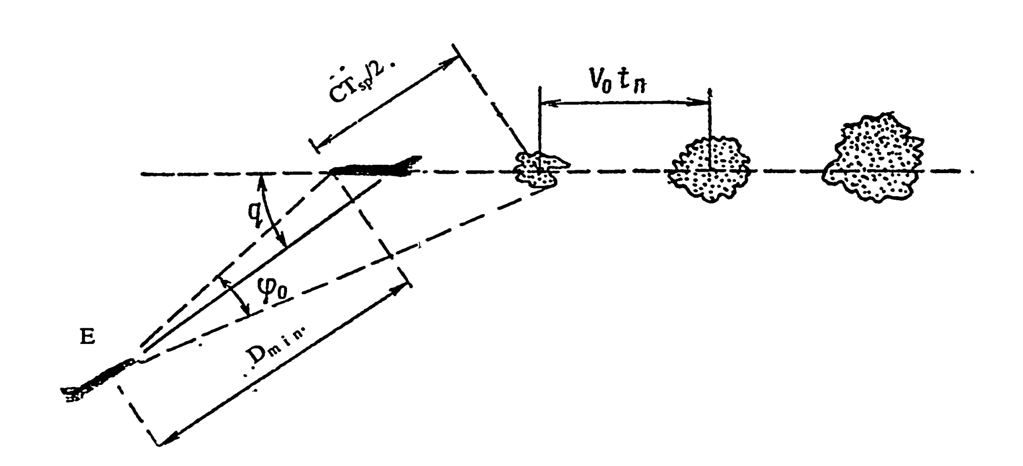
يمكن استخدام العواكس الديبولية لتشكيل تشويش على محطات الرادار ، التي تدخل في نظام التوجيه الذاتي والتي ، في الوقت نفسه تعمل على نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للأهداف بالمسافة وبالاحداثيات الزاوية .

وحسب عدد العواكس المسقطة وطرق استخدامها يمكننا الحصول على تأثيرات مختلفة أولاً ـ بتشكيل حقل كثيف من العواكس الديبولية على خط طيران الهدف المراد تغطيته وبهذا يمكننا منع اكتشافه والتقاطه على الملاحقة الاوتوماتيكية . وهذا الأمر ممكن ، بسبب أن إشارة التشويش القوية ، المنعكسة عن العواكس الديبولية ، الواقعة داخل الحجم النبضي للمحطة ، ستموه الاشارة المنعكسة عن الهدف ، بنفس الطريقة التي لوحظت أثناء تشكيل تشويش سلبي على محطات رادار الكشف والتوجيه . ثانياً ـ يمكننا الحصول على تقليد في مجال المخطط الاحداثي لهوائيات محطة الرادار المستخدمة لأهداف أخرى بواسطة إسقاط حزم محددة من العواكس الديبولية . وهذا الأمر يؤدي إلى حصول أخطاء كبيرة في ملاحقة القذيفة أو الصاروخ وبالتالي إلى عدم إصابتها (إصابته) للهدف .

أما العمليات ، التي تجري أثناء تمويه إشارة الهدف ، الذي يسير في حقل العواكس الديبولية المشكلة فإنها تتوافق مع تلك ، التي جرت أثناء العمل على اعماء محطات رادار المراقبة .

تعرض عملية تقليد أهداف خداعية لحماية طائرة منفردة على الشكل (6-11) . تقوم الطائرة الملتقطة على الملاحقة الاوتوماتيكية من قبل محطة رادار، متوضعة على إحدى المطاردات أو في الصاروخ بإسقاط حزم ديبولية بفواصل زمنية مقدارها t_n . ومن المستحسن أن يكون السطح العاكس الفعال للديبولات ، الداخلة في تركيب الحزمة ، أكبر بكثير من السطح العاكس الفعال للهدف المراد تغطيته . ويتم اختبار الفواصل الزمنية t_n الفاصلة بين كل إسقاطين ، بذلك الشكل ، الذي يقع فيها الهدف المراد تغطيته ، وغيمة الديبولات القريبة منه داخل حدود الحجم الفراغي ، الذي يمكن لمحطة الرادار أن تلاحق فيه الهدف . يحدد هذا الحجم الفراغي أثناء الملاحقة الاوتوماتيكية بالمسافة بعرض النبضة المنتجة لنظام الملاحقة الاوتوماتيكية بالمسافة t_{SP} . أما تواتر الاسقاط فيعطى بالمعادلة التالية :

$$t_{n.} = \frac{C t_{sp}}{2V_o . \cos q}; \qquad (14\text{-}11)$$



الشكل (6-11)

مواصفة طريقة تشكيل التشويش السلبي على محطات رادار الملاحقة الاوتوماتيكية للاهداف

ولكي نحدث قَطْعاً في دارة الملاحقة الاوتوماتيكية للهدف بالاتجاه ، من الضرورة بمكان أن تقع غيمة الديبولات سوية مع الهدف المراد حمايته ، خلال زمن محدد ، ضمن حدود المخطط الاشعاعي بالاتجاه لهوائي محطة الرادار المستهدفة . ولهذه الحالة يجب أن يعطى تواتر الاسقاط بالمعادلة التالية :

$$t_{n.} \leqslant \frac{D_{min} . \varphi_o}{2V_o . \cos q}; \qquad (15\text{-}11)$$

حيث هنا :- D_{min} - المدى الاصغري للاعماء ويقاس بالمتر .

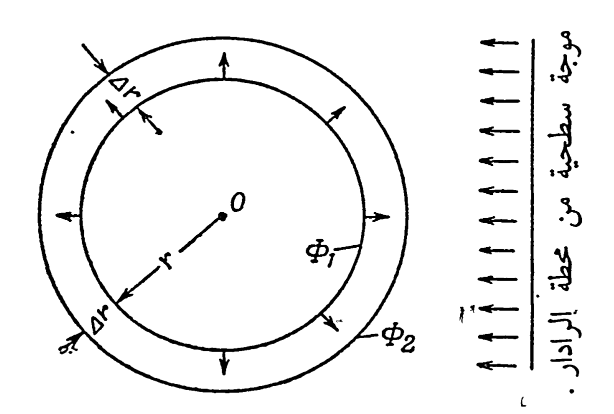
q - الزاوية المحصورة بين اتجاه الطيران والاتجاه إلى الهدف .

أما العمليات التي تجري أثناء تشكيل تشويش على قنال الملاحقة الاوتوماتيكية للأهداف بالمسافة فهي متوافقة مع مثيلاتها المدروسة أثناء وصف تأثير التشويش الايجابي ، الذي يعمل على مبدأ إزاحة نبضة المسافة .

يتم قطع دارة الملاحقة الاوتوماتيكية للأهداف بالاتجاه في الوقت الذي يتم فيه التأثير على تجهيزات القياس الزاوي الداخلة ضمن تركيب محطة الرادار بواسطة اشارات تنعكس عن هدفين اثنين ويبنى مبدأ بناء تجهيزات تحديد الزوايا في محطة الرادار انطلاقاً من أن الهدف يقوم بتشتيت **الاستطاعة** الواصلة إليه من محطة الرادار بشكل متساوي في كل الاتجاهات . أي بشكل موجة منعكسة فراغية (انظر الشكل 11-7) . وهذا يعني أنه في كل نقطة من الفضاء ، ذات نصف قطر ما ، سوف يكون مطال وطور الموجة المنعكسة واحداً . ويسمى مثل هذا المجال الفضائي بالحيز المتساوي الأطوار أو بجبهة الموجة الكهرطيسية . ويعطى مطال تواتر الحقل الكهربائي E في النقطة ، التي تتخلف عن الاشعاع الثانوي بمسافة قدرها r بالمعادلة التالية :

$$E = E_r.\sin(wt-kr) \qquad (16\text{-}11)$$

حيث هنا : $K=2\pi/\lambda$ - عامل الانتشار أو العدد الموجي .



الشكل (11-7)

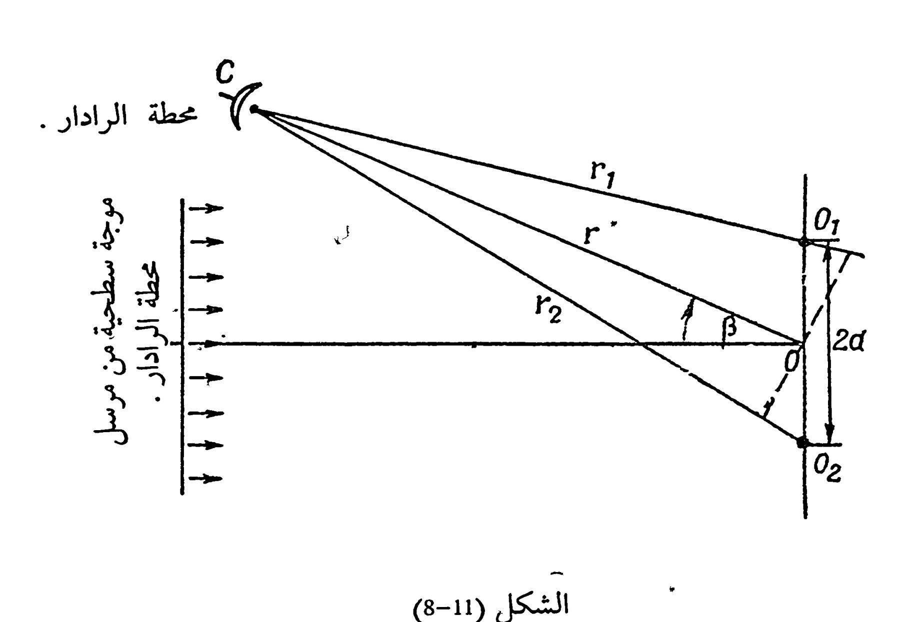
السطح المتساوي الأطوار للموجة الثانية .

أما طورا الاهتزازات في السطحين المتساويي الأطوار ، والمتخلفين أحدهما عن الآخر بمسافة قدرها Δr ، فهما يرتبطان أحدهما بالآخر بالمعادلة الآتية :

$$\phi_1 = \phi_2 - k.\Delta r \qquad (17\text{-}11)$$

يمر الخط المتعامد مع السطح المتساوي الاطوار باتجاه نصف قطر الحيز الفراغي (الكرة) أي عبر الهدف . وعندما يكون البعد عن الهدف كبيراً ، إذا ما قورن بابعاد فتحة الهوائي ، يمكننا أن نعتبر هذا السطح عبارة عن مستو .

يوجه نظام الملاحقة الاوتوماتيكية للأهداف الهوائي بذلك الشكل ، الذي يصبح فيه سطح فتحته متطابقاً مع السطح المتساوي الأطوار ومحوره يشير إلى الاتجاه إلى مصدر التشويش .



الشكل (11-8)

التموضع الفضائي لمصدري إشعاع ثانوي نقطيين .

تختلف طبيعة الحقل الكهرطيسي ، المشكل نتيجة انعكاس الأمواج الراديوية عن هدفين بتركيبه عن الحقل ، المشكل عن منبع اشعاع واحد .

لنفرض أن المحدد الزاوي الراداري الايجابي ، الذي يكون هوائيا استقباله وارساله متطابقين (على سبيل المثال محطة رادار في طائرة مطاردة قاذفة) ، يستقبل الاشارات المبثوثة ثانية من قبل هدفين . وهذه الأهداف متوضعة على الشكل (11–8) في النقاط O_1 وO_2 ؛ أما محطة الرادار فموقعها هو النقطة C .

لندرس تركيب الحقل المتشكل في المستوى ، المار خلال القطعة المستقيمة O_2O_1 والنقطة C بعد أن نفرض أن المسافة بين المصادر العاكسة وبداية الاحداثي r يزيد بكثير عن المسافة 2d بين المصادر العاكسة $(r \gg 2d)$.

إذا وضعنا نقطة بداية الاحداثيات القطبي في النقطة O ، فعندما يكون وضع النقطة C بلا تحديد وتكون مطالات الاشارات المنعكسة متساوية ، يمكننا أن نحصل على :

$$E_P \approx 2E_r. \cos [k(r_2-r_1)]. \sin [wt-k(r_2-r_1)] \qquad (18\text{-}11)$$

حيث هنا Er ـ مطال المركبة الكهربائية للموجة الراديوية ، المنعكسة عن الهدف O_1 أو O_2 .

بمقارنتنا للمعادلتين (11–16) و(11–18) يظهر لدينا اختلاف كبير في تركيب الحقول الكهربائية .

أولا ـ عند توفر مصدرين ، يصبح المطال الكلي للحقل :

$$E_{rp} = 2E_r. \cos [k(r_2-r_1)] \qquad (19\text{-}11)$$

ويصبح تابعاً ليس للمسافة r فحسب ، بل للزاوية β أيضاً (الشكل 11–8) .
وإذا أخذنا بعين الاعتبار أن :

$$r_1 \approx r - d.\sin\beta; \; r_2 = r + d.\sin\beta;$$

عندها نحصل على المعادلة التالية ، التي تنوب عن المعادلة (11–19) .

$$E_{rp} = 2E_r.\cos (2k.d.\sin\beta)$$

يوضح الشكل (11–9) التغيير في الحقل الكهربائي في نصف مستو واحد (المنحني 1) . ويصبح المطال أعظمياً عندما يكون :

$$\cos (2k.d.\sin\beta) = 1 \qquad (20\text{-}11)$$

أما النقاط ، الموافقة لمطالات أعظمية في السطح الزائد ذي المحارق فهي في المواقع O_1 أو O_2 .
وقيم هذه المطالات الأصغرية توافق النقاط ، التي عندها يصبح :

$$\cos\ (2k.d.\sin\beta)\ =\ 0 \qquad (21\text{-}11)$$

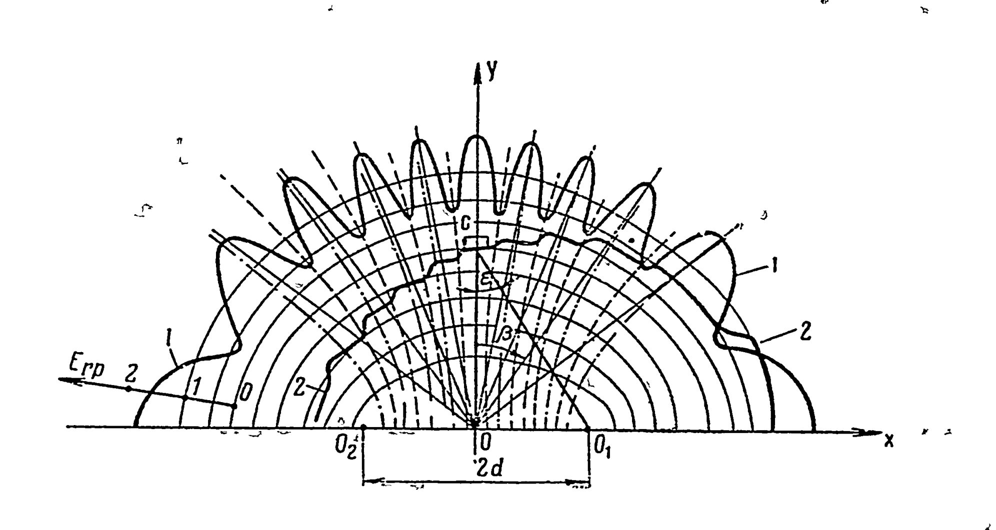
وعند قيم مختلفة للمسافة ، تشكل هذه النقاط قطوع زائدة مع تلك المحارق .

وتتغير القيم الأعظمية والأصغرية عند التغير في الامكانيات العاكسة للأهداف .

يتسبب الاختلاف الجوهري في تركيب الحقل ، المشكل نتيجة الانعكاس عن زوج من الأهداف ، لأن طور الاهتزازات العالية جداً يتعلق ليس فقط بالمسافة r ، بل بمجموع المسافتين r_2+r_1

$$\phi_{rp}\ =\ wt\ -\ k\ (r_1\ +\ r_2)$$

عندما يبقى المجموع السابق الذكر ثابتاً والطور ϕ_{rp} أيضاً ، وبما أن المحل الهندسي للنقاط ، التي تكون مجموع مسافاتها عن النقطتين المعطيتين سابقاً ثابتة هو قطع ناقص فإنه في هذا المستوى.



الشكل (11–9)

توزع المطالات

(1) والسطوح المتساوية الأطوار (2) أثناء تشتيت الأمواج الكهرطيسية عن هدف مزدوج .

المدروس تشكل الخطوط المتساوية الأطوار ، المنعكسة عن هدفين ، مجموعة من القطع الناقصة تقع محاورها في النقاط ، التي تقع فيها الأهداف العاكسة . رسمت القطع الناقصة على الشكل (11–9) بخطوط غير متقطعة وهذا يعني أن المقياس الراداري للاتجاه الذي يحدد العمود على خط تساوي

الأطوار ، سوف يسمح بوقوع خطأ في قياس الاتجاه إلى أي هدف . وتتعلق قيمة هذا الخطأ بالزاوية : عندما $\beta=90°$ أو $270°$ ، يصبح الخطأ مساوياً للصفر ، أما عندما تكون $\beta=0°$ أو $180°$ فيعطى الخطأ بالمعادلة الآتية :

$$\mathscr{E}_{max} \approx \text{arc.tg}\ \frac{d}{r} \qquad (22\text{-}11)$$

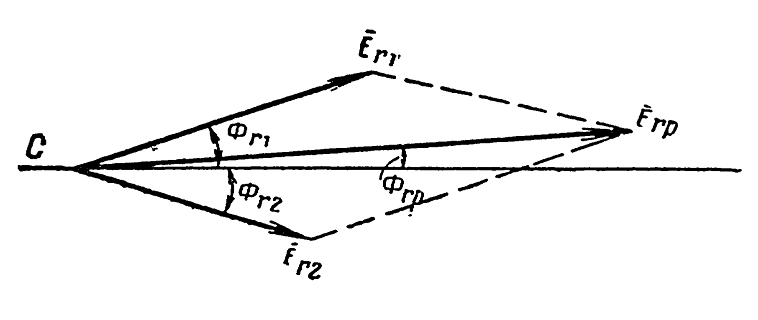
يمكن أن يكون الخطأ الأعظمي في تلك النقاط ، الواقعة على القطوع الزائدة (المنحنيات المتقطعة على الشكل 11–9) ، لأن سطحها المتساوي الأطوار (المنحني 2) يعاني من الاعوجاج .

إذا كانت الامكانيات العاكسة للأهداف مختلفة ، يصبح الخطأ في تحديد الاتجاه إلى الهدف ذي السطح العاكس الكبير أقل . وعادة عند تشكيل غيمة ديبولية يسعون لكي يصبح الخطأ في تحديد الاتجاه إلى الغيمة أقل ما يمكن ، الأمر الذي يؤدي إلى تحقيق الملاحقة الاوتوماتيكية للغيمة والتوقف عن ملاحقة الطائرة لأن الغيمة تتخلف عن الطائرة . ونصل إلى هذا الهدف بزيادة كثافة الديبولات في الغيمة .

عندما يكون هوائي الاستقبال بعيداً عن هوائي الارسال (على سبيل المثال ، أثناء توجيه الصاروخ بنظام توجيه نصف ايجابي) ، يسبب ظهور هدف ثاني ضمن ، المخطط الاحداثي الاشعاعي للهوائي أيضاً ، إلى الوقوع بأخطاء في قياس الاحداثيات الزاوية .

لندرس تلك الحالة التي تكون فيها جهة الهدف المنار رادارياً موازية للقطعة المستقيمة O_2O_1 ، التي تصل بين الهدفين أما الاستقبال فيتم في نقطة ما لتكن C ، متخلفة عن مركز القطعة المستقيمة O_2O_1 ، التي فيها نطبق نقطة البدء لشبكة قياس الاحداثيات الفراغية بمسافة قدرها r (الشكل 11–8) . بما أن جهة الموجة تمر خلال النقاط O_1 وO_2 ، فإن أطوار الاهتزازات ذات التردد العالي للأمواج الراديوية المنعكسة عن كلا الهدفين ، متساوية ويمكن اعتبار أن الحقل العاكس الكلي يشكله مصدران يبثان اهتزازات متزامنة الأطوار .

عندما تكون نقاط الاستقبال بعيدة ، بما فيه الكفاية ، عن مصادر البث (O_1 ، O_2) عندها يمكن تحديد المطال E_{rp} والطور ϕ_{rp} للمركبة الكهربائية للحقل المتشكل في النقطة C ذات الاحداثيات القطبية $r\beta$ ، باستخدام شبكة الاحداثيات الشعاعية (الشكل 11–10) .



الشكل (10-11)

المخطط الاشعاعي لتحديد محصلة الحقل الكهربائي .

يحدد الشعاعان E_{r1} وE_{r2} في النقطة C (الشكل 11-9 و11-10) مطالات توتر الحقول الكهربائية ، التابعة للأمواج الراديوية المنعكسة عن المصادر O_1 وO_2 . إن الشعاعين منحرفان عن الاتجاه الأولي بجهات مختلفة بالزوايا ϕ_{r1} ، ϕ_{r2} ، وتساوي هذه الزوايا الفرق بين أطوار الاهتزازات في النقطة C ذات الطور الطرقي K_r وهنا :

$$\phi_{r1} \approx k.d.\sin\beta;$$

$$\phi_{r2} \approx -k.d.\sin\beta;$$

أما معامل محصلة الشعاع فيعطى بالمعادلة الآتية :

$$E_{rp} = \sqrt{Er_1^2 + Er_2^2 + 2Er_1.Er_2.\cos(2k.d.\sin\beta)} \qquad (23\text{-}11)$$

والطور الابتدائي :

$$\phi_{rP} = \text{arc tg}\left[\frac{Er_1\text{-}E_2}{Er_1+Er_2}.\text{tg}(2k.d.\sin\beta)\right] \qquad (24\text{-}11)$$

أي أن مطال محصلة المركبة الكهربائية للموجة الراديوية هي عبارة عن تابع للزاوية β ويمتلك قيمة أعظمية $E_{rpmax}=E_{r1}+E_{r2}$ وقيمة أصغرية $E_{rpmin}=E_{r1}-E_{r2}$ في تلك النقاط ، التي امتلكتها في الحالة المدروسة سابقاً .

أما الطور الابتدائي ϕ (المعادلة 11–24) فتطرح من قيمة الطور ، الذي كانت عليه الاهتزازات في النقطة C ، المرسلة من النقطة O بواسطة مصدرها ، بتزامن طوري مع المصدرين O_1 ، O_2 ويصبح طور هذه الاهتزازات :

$$\phi_{ro} = K_r$$

بهذا الشكل ، يطرح طور محصلة الاهتزازات من الطور الابتدائي في النقاط O_1 وO_2 ويصبح مساوياً إلى :

$$\phi_P = \phi_{ro} + \phi_{rp} = k_r + \text{arc tg}\left[\frac{1-a}{1+a}.\text{tg}\ (2k.d.\sin\beta)\right] \qquad (25\text{-}11)$$

حيث هنا : $a = E_{r1} / E_{r2}$

إن المعادلة (11–25) ما هي إلا معادلة جبهة الموجة ، التي يمكن تحديدها إذا افترضنا أن ϕ_p = ثابت . عندها نحصل على :

$$K_r + \text{arc tg}\left[\frac{1-a}{1+a}\ \text{tg}\ (2k.d.\sin\beta)\right] = \text{ثابت} \qquad (26\text{-}11)$$

يمكن اعتبار أن جهة الموجة ، المشكلة من قبل مصدرين ، فراغية فقط في مجالات الزوايا β ، التي تكون مركبتها صغيرة .

$$\text{arc tg}\left[\frac{1-a}{1+a}.\text{tg}\ (2k.d.\sin\beta)\right]$$

إذا أخذت الزاوية β بالزيادة فيجب أن تزيد قيمة نصف قطر الشعاع r الآني بهدف الحفاظ على المعادلة (11–26) ، الأمر الذي يؤدي إلى انحناء (تعرج) في جبهة الموجة (الشكل 11–9 ، المنحني 2) . يلاحظ انحناء (تعرج) في جبهة الموجة عند الزوايا β ، المناسبة للقيم الأصغرية في مطالات الحقل الكهربائي (المنحني 1) .

يؤدي التعرج في جبهة الموجة إلى أن يشكل العمود عليه مع الاتجاه إلى النقطة O الزاوية ε' ، الت تحدد بالمعادلة :

$$\text{tg}\varepsilon' = \frac{a-1}{a+1}\left[\frac{1+\text{tg}^2(2k.d.\sin\beta)}{1+\left(\frac{a-1}{a+1}\right)^2\text{tg}^2(2k.d.\sin\beta)}\right]\frac{d}{r}\cos\beta \qquad (27\text{-}11)$$

بعد معرفتنا لقيمة الزاوية ε ، نستطيع تقدير الخطأ الحاصل في قياس الاتجاه إلى أي مصدر . يتعلق خطأ القياس (على سبيل المثال بالاتجاه إلى O_1) بالطور Kdsinβ وبقيمة a .

عندما تصبح

$$a = 1;\ k.d.\sin\beta = \frac{\pi(2\tau+1)}{2};$$

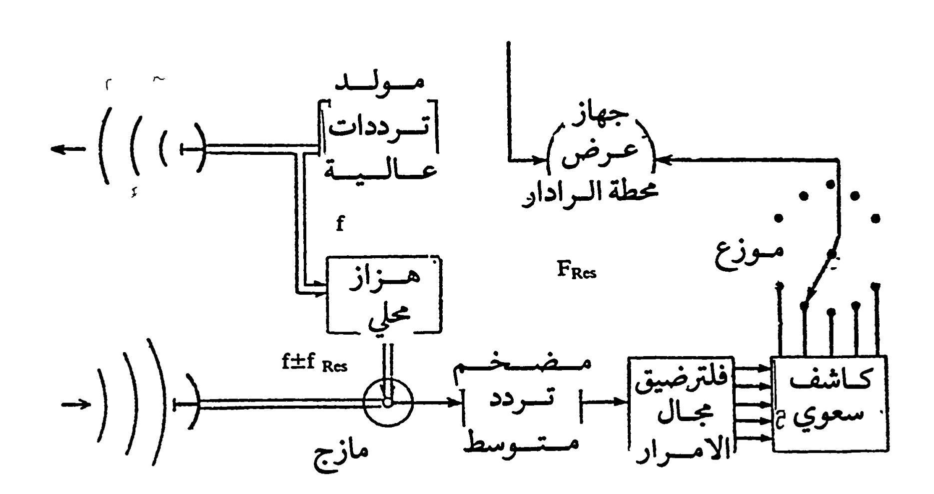
يصل هذا الخطأ إلى قيمة أعظمية ($\varepsilon = \pi/2$) ، إلا أن الأخطاء الأعظمية تكون في الواقع أصغر من ذلك بكثير . يفسر هذا الأمر ، بأن القيمة Δr ، التي عندها تتعرج جبهة الموجة ، هي قيمة تساوي مقدار نصف طول الموجة ، وبين هذا وذاك عادة ما تعمل المقاييس الرادارية للاتجاه على موجات صغيرة جداً وتمتلك هوائيات مقاساتها تزيد عادة عن طول الموجة بكثير . وعند ذلك يحددون الخطأ الحاصل في قياس الاتجاه بشكل وسطي حسب فتحة الهوائي ، وعادة لا تزيد هي بـ (2–3) مرة عن الزاوية O_1CO ونحصل على خطأ أقل في قياس الاتجاه إلى ذلك المصدر ، الذي يبث إشارة أكثر قوة . لهذا نسعى عند تشكيل التشويش لكي يكون السطع العاكس الفعال لقيمة الديبولات أكبر بكثير من السطع العاكس الفعال للهدف المغطى بالتشويش .

ثالثاً - طرق حماية محطات الرادار من تأثير التشويش السلبي .

نتيجة لتراكم الخبرات في عمل التجهيزات الرادارية ، المحيطة من تأثير التشويش السلبي ، يتم التوصل إلى مبادىء لبناء أنظمة رادارية ، تستطيع القضاء على التشويش السلبي أو إضعاف تأثيره ، حسب طرق الاستخدام المدروسة سابقاً . تؤسس هذه المبادىء انطلاقاً من اعتبار أن المنظومة الرادارية عادة ما تكون مخصصة لتحديد احداثيات الأهداف المتحركة . وحركة الهدف بالنسبة لمحطة الرادار تسبب اختلافاً في ترددات الاشارات المنعكسة عن الاشارات المباشرة . وهذا الاختلاف ينتج بتأثير الانزياح الدوبلري بالتردد . أما التشويش السلبي فيتم تشكيله عادة نتيجة لانعكاس الطاقة عن أهداف ثابتة أو متحركة بسرعات بطيئة ، (على سبيل المثال غيمة عواكس ديبولية) ، ونتيجة لذلك فإن تردد الاشارات المولدة منها أو المنعكسة عنها تختلف أو لا تختلف نهائياً عن تردد الاشارة المفيدة الأمامية وهذا ما يقدم لنا إمكانية جيدة في تمييز الاشارات المنعكسة عن الهدف المتحرك عن الاشارات المنعكسة عن الهدف بطيء الحركة (مصدر التشويش السلبي) .

تستخدم هذه الامكانية بشكل كامل في محطات الرادار ذات الاشارات الأمامية المستمرة ، (الاشعاع المستمر) .

يوضح الشكل (11–11) ، بشكل عام ، المخطط الصندوقي لأحد أحتمالات بناء هذا النوع من محطات الرادار . يقوم مرسل هذه المحطة بتوليد الاشارة المستمرة U(t)=Usin wt التي تبث خلال الهوائي A_2 في الفضاء . فإذا وقع الهدف ضمن القطاع الداخل تحت تأثير محطة الرادار ، من الفضاء ، وكان يتحرك بالنسبة لمحطة الرادار بسرعة Vor ، عندها سوف يعكس هذا الهدف الاشارة الأمامية مغيراً ترددها بقيمة قدرها F_{Dr}. ، متناسبة طرداً مع سرعة حركة الهدف بالنسبة لمحطة الرادار



الشكل (11–11)

المخطط الصندوقي لمحطة رادار ذات الاشارات المباشرة المستمرة (احتمال) .

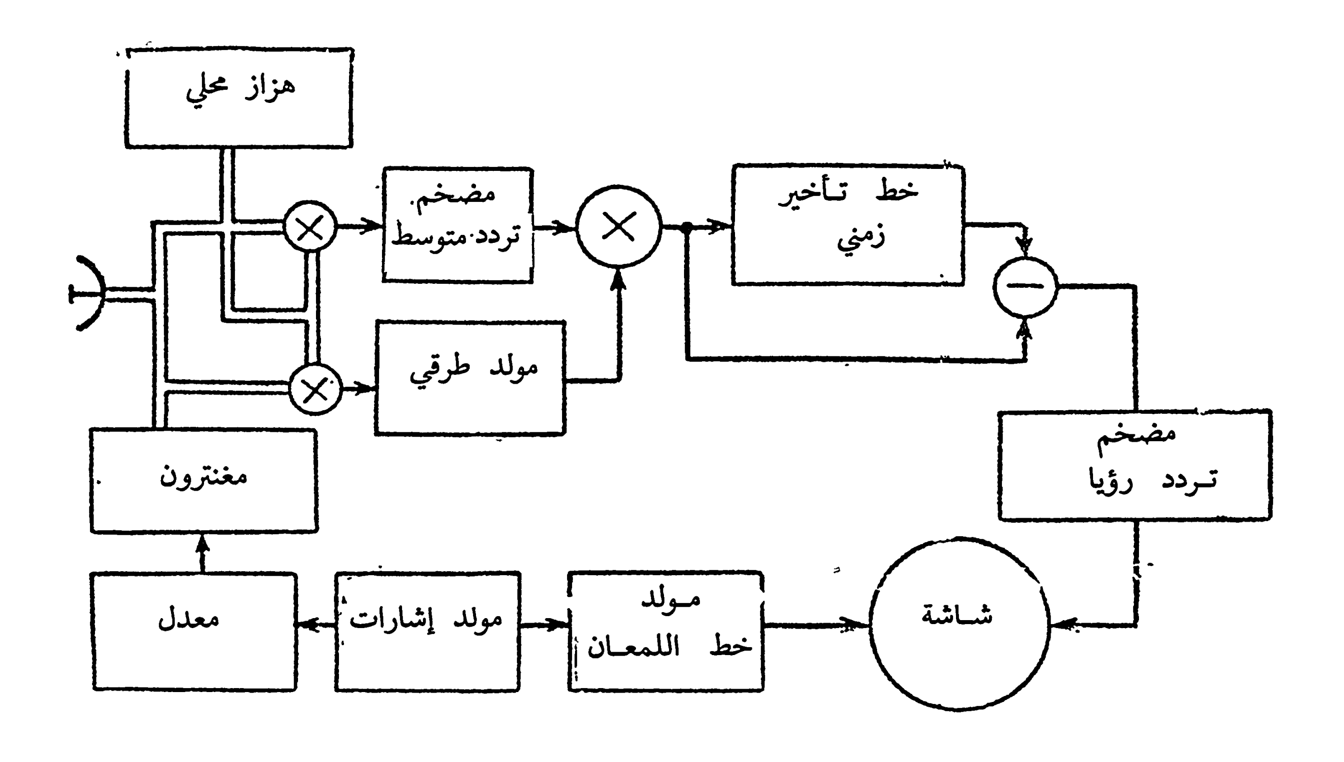
بما أن الاشعاع مستمر ، فقد جهز مستقبل محطة الرادار بهوائي خاص ، متوضع بذلك الشكل ، الذي لا يسعه فيه استقبال الارسال الأمامي (المباشر) الصادر عن المرسل.إن تأمين مثل هذا الفصل بين الهوائيان ، هو مهمة فنية معقدة ، وأحياناً لا يمكننا أن نحلها بنجاح . تعطى الاشارة المستقبلة $U(t) = Ur.\sin (Wt+2\pi.F_{Dr}.t)$ إلى دارة المازج ، حيث يتم مزجها مع إشارة الهزاز المحلي ، الذي يتم اختيار تردده بحيث يكون مساوياً لحاصل جمع أو طرح تردد إشارة الارسال f مع التردد المتوسط لمستقبل محطة الرادار ، أي ذلك التردد المولفة عليه فلاتر مضخم التردد المتوسط لجهة الاستقبال f_{Res} .

ونتيجة لذلك سيحتوي جهد خرج دارة المازج على مركبة ذات تردد $f_{Res} \pm f_{Dr}$ ، تضخم أيضاً بواسطة مضخم التردد المتوسط ، الذي يجب أن يكون مجال إمراره عريضاً بما فيه الكفاية ليسمح للاشارات ذات الأثر الدوبلري ، المناسبة لجميع السرعات المحتملة للأهداف المتوقعة بالمرور . يتصل بمخرج مضخم التردد المتوسط مجموعة من الفلاتر ذات الامرار الضيق تعطى كامل مجال إمرار مضخم التردد المتوسط (الشكل 11-11) .

يشير تواجد الاشارة في هذا الفلتر أو ذاك ، إلى وجود هدف في منطقة تأثير محطة الرادار ، يتحرك بسرعة تناسب هذا الفلتر . أما الاشارات المنعكسة عن الهدف المتحرك وعن الغيمة الثابتة للعواكس الديبولية فتؤثر في فلاتر مختلفة ويمكن أن تكون على شكل علامتين منفصلتين إحداهما عن الأخرى ، أو يمكن أن تكون العلامة الدالة على التشويش منحرفة (مزاحة) عن شاشة جهاز العرض (أي تقع خارجه) . تقوم الكواشف السعوية الموصولة على مخارج كل فلتر بكشف الاشارات المستقبلة التي تعطى خلال الموزع بالتتابع من كل مخرج فلتر إلى جهاز العرض وتستخدم لتشكيل علامة الهدف . تبدأ كل دورة عمل للموزع بالتزامن مع بداية خط اللمعان أي الشعاع الالكتروني على جهاز العرض ، لهذا يتم تعيير واحد من محاور الشاشة على وحدات السرعة وبهذا يمكننا قراءة سرعة الهدف من على الشاشة مباشرة.تسمح لنا محطة الرادار المصممة انطلاقاً من هذا المبدأ ، إيجاد سرعة الهدف واحداثياته الزاوية وهذا لا يكفي لتحديد موقعه نظراً لأننا نحتاج إلى معرفة أحداثي المسافة ايضاً . ولكي نستطيع قياس المسافة يتوجب علينا إدخال تعقيدات على تركيب الاشارة المباشرة ، وتعديلها بالتردد أو بالطور وإدخال وحدات إضافية لتتعامل معها . إلا أن مثل هذه المحطات تمتلك إمكانية منخفضة من سماح التمرير بالمسافة ويتضح أنها غير قادرة على العمل عندما توجد عدة أهداف على اتجاهات متقاربة تتحرك بسرعات متساوية تقريباً ، لكنها تقع على مسافات مختلفة من محطة الرادار . تعتبر السلبية التي تتميز بها محطات الرادار ذات الاشعاع المستمر ، مجتمعة مع الصعوبات المتعلقة بضرورة الفصل بين عملي هوائيي الارسال والاستقبال عاملا لتضييق المجال الممكن لاستخدامها . ونضيف إلى ذلك ، حقيقة مفادها أن تركيب هوائيين معقدين يعقد من تصميم كامل المحطة في أغلب الحالات ، كما أنه يعقد من استخدامها في الظروف القتالية .

تم التخلص من جميع السلبيات السابقة الذكر في محطات الرادار النبضية ، التي تمتلك دارة انتخاب للأهداف المتحركة (الشكل 11-12) .

لكي نستطيع فصل الاشارات ، المنعكسة عن الأهداف المتحركة بالنسبة لمحطة الرادار نستخدم طريقة الطرح الدوري للاشارات المستقبلة . يدخل في تركيب خط الاستقبال لمحطة الرادار هزازان محليان . يستخدم الاهتزاز المولد من أحدهما ليس فقط لتشكيل إشارة تدخل إلى خط



الشكل (12-11)

المخطط الصندوقي لمحطة رادار ، تمتلك دارة انتخاب للأهداف بالسرعة . (احتمال) .

مضخمات التردد المتوسط للمستقبل ، بل أيضاً لتزامن الترددات العالية الثبات للهزاز المحلي الطرقي . إذا وجد هدف ضمن مجال تاثير محطة الرادار ، فيصبح تردد الاشارة المنعكسة عنه في خط مضخمات التردد المتوسط للمستقبل مساوياً إلى $f=f_D+f_{DO}$ حيث هنا f ، f_{DS} ، F_{DO} - ترددات مرسل محطة الرادار والهزاز المحلي والانزياح الدوبلري في التردد على التسلسل . أما التردد الطرقي للهزاز المحلي فيعطى بالمعادلة التالية :

$$f_{ko} = f + f_{os}$$

لأن الاشارة التي تزامنة تنتج عن مزج إشارة الهزاز المحلي مع اشارة مرسل محطة الرادار . وإذا مزجنا جهد خرج مضخمات التردد المتوسط مع جهد الهزاز المحلي الطرقي وحصلنا على مركبته ، التي تتميز بتردد الفرق بينهما ، فعندها تصبح هذه المركبة عبارة عن سلسلة من نبضات الفيديو ، تتطابق

مميزاتها مع مميزات اشارة معدل محطة الرادار ، أما السعة المعدلة حسب القانون الجيبي فيكون ترددها مساوياً للتردد الدوبلري للهدف .

بهذا الشكل تمتلك الاشارات المنعكسة عن الأهداف الثابتة ، على سبيل المثال ، الغيوم الديبولية ، مطالا ثابتاً تقريباً ، أما مطالات الاشارة المنعكسة عن الأهداف المتحركة فتختلف من إشارة إلى أخرى .

يرتبط بمخرج المازج تجهيز طرح ، الذي يصل إلى أحد مدخليه إشارة قادمة من مخرج مضخم التردد المتوسط للمستقبل ، أما الآخر فيصله نفس هذه الاشارة بعد أن يتم تأخيرها بواسطة دارة تأخير زمني خاصة بزمن يساوي الدور التكراري لاشارات محطة الرادار . تتعلق مطالات الاشارات الخارجة من تجهيز الطرح بسرعة حركة الهدف . إذا كان الهدف ثابتاً يكون مطالا اشارتين قادمتين إحداها خلف الأخرى (منعكستين) متساويين ، أما إشارة الفرق فتساوي الصفر . إذا كان الهدف متحركاً بالنسبة لمحطة الرادار ، تكون مطالات الاشارة المتتابعة مختلفة ، الأمر الذي يتبعه ظهور اشارات فرق ذات قيم تختلف عن الصفر وذلك على مخرج تجهيز الطرح. **تعبر العلاقة البيانية المطالية ـ الترددية لهذه الدارة خلال دور واحد ، عن العلاقة** بين مطال جهد الخرج ($U_{out}(t)$) والتردد الدوبلري للاشارة المنعكسة (الشكل 11-13) ، وتعطى بالمعادلة :

$$A\,(F) = \sin\left(\pi\ \frac{F}{F_P}\right);$$

أما علاقة استطاعة خرج هذه الاشارة مع التردد ذاته فهي :

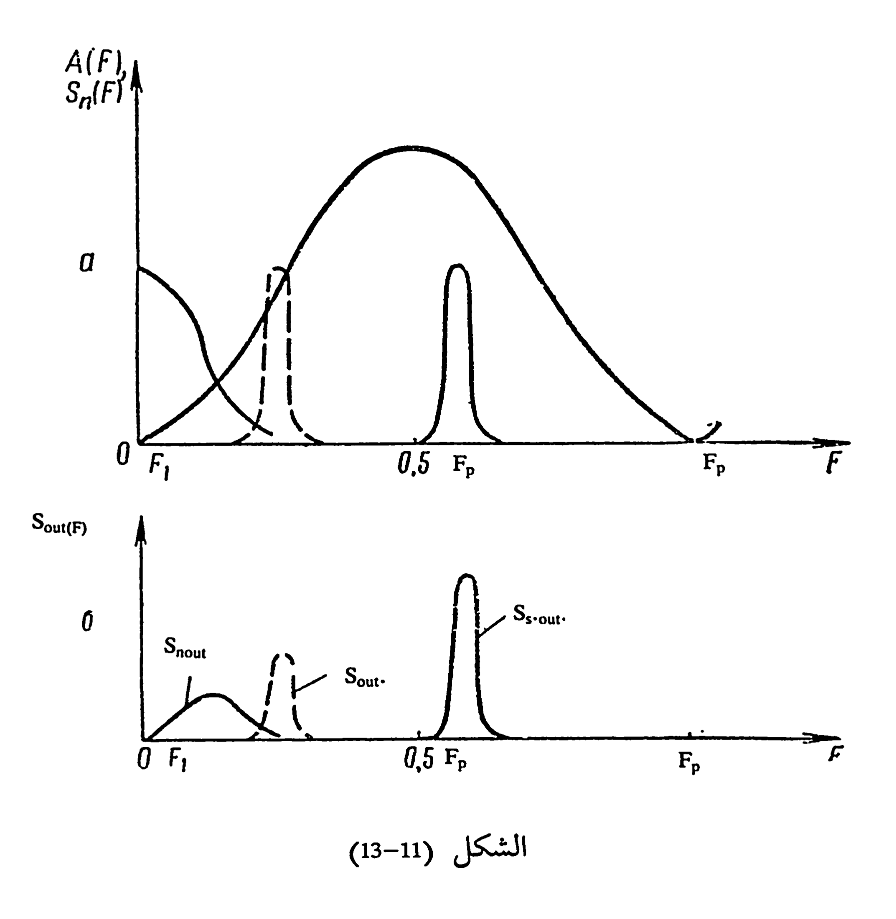
$$P_{out.} = \sin^2\left(\pi\ \frac{F}{F_P}\right);$$

حيث هنا F_P ـ التردد التكراري لاشارات محطة الرادار .

اذا تم طرح الاشارات m مرة ، فعندها :

$$A\,(F) = \sin^m\left(\pi\ \frac{F}{F_P}\right);$$

$$P_{out.} = \sin^{2m}\left(\pi\ \frac{F}{F_P}\right);$$



الشكل (11–13)

المميزة المطالية الترددية لدارة انتخاب الأهداف المتحركة خلال دور توازن

أما على الترددات F=nFn حيث n=1,2,3,... فيهبط منحني المميزة الترددية للدارة خلال دور توازن إلى الصفر . وهذا يعني ، أن الأهداف تتحرك بسرعات تساوي :

$$V = n \frac{\lambda . F_P}{2} ;$$

وعندها لا تظهر علامات على شاشة جهاز عرض محطة الرادار . وتسمى هذه السرعات بالسرعات العمياء لمحطة الرادار . فإذا امتلكت محطة الرادار على دارة توازن دوري وعملت على التردد f_0=300 ميغا هيرتز بتردد تكراري للاشارات قدره F_p=1000، عندها تصبح سرعاتها العمياء 500 ، 2000 ، 1500 . . . م/ثا على التسلسل .

تستطيع دارات التوازن الدوري إخفاء الاشارات ذات الترددات الدوبلرية المساوية للصفر بشكل تام . إلا أنه لا يمكن الاخفاء والتغطية ـ الكلي للاشارات المنعكسة عن الغيوم الديبولية ذات الطيف الكامل فإذا عبرت المعادلة التالية :

$$S(F) = S_O . e^{-b^2.F^2};$$

عن المجال الطيفي التقريبي للاشارات المنعكسة عن الهدف ،

حيث هنا b ـ قيمة تتعلق بعوامل النفوذ وتعبر عن عرض طيف الاشارة المنعكسة على مستوى معين (على سبيل المثال ، على مستوى نصف الاستطاعة $b=1,87/\Delta F_n$)

S_0 ـ عامل يتعلق بكثافة الاشارة المنعكسة ،

عندها تصبح استطاعة التشويش أثناء مروره خلال دارة التوازن الدوري أضعف ب $1-e^{b^2.F^2}$; مرة . تسمى هذه القيمة بعامل مرور التشويش ، الذي يحدد درجة الحماية من التشويش لمحطة الرادار أي من التشويش السلبي . أما عامل عبور الاشارة الفعلية خلال الدارة m مرة من التوازن الدوري فيساوي : $Sin^{2m}\left(\pi \frac{F}{F_P}\right)$

ويصل إلى قيمته الأعظمية عندما يصبح $F = \frac{F_P}{2}$

بهذا الشكل ، يتعلق تأثير التشويش السلبي المشكل من قبل الديبولات ، على محطة الرادار ذات التوازن الدوري بعرض طيف التشويش المحدد حسب ظروف الطقس ، والمميزات الايروديناميكية للديبولات وبسرعة حركة الهدف . فكلما كانت سرعة طيران الهدف أصغر ، كلما قرب تموضع أطياف اشارات الأهداف على محور التردد وكلما أصبحت فاعلية التشويش المشكل نتيجة انعكاس الطاقة عن الديبولات أكبر .

رابعاً ـ التشويش السلبي على محطات رادار كشف الأهداف الفضائية .

ينحصر أنواع التشويش السلبي المخصص لاعماء الأهداف الفضائية في الآتي :

ـ تشكيل أهداف كاذبة ؛

الحد من تركيز الجزئيات المشحونة في الغلاف البلازمي للهدف المتحرك ؛

ـ تشكيل مجالات اصطناعية من الايونات (على سبيل المثال نتيجة الانفجارات النووية) ، تقوم بتغيير الخواص الكهروديناميكية للاوتموسفير ؛

ـ تغيير الخواص الانعكاسية للهدف (على سبيل المثال ، رأس الصاروخ) وتخفيض اشعاعاته

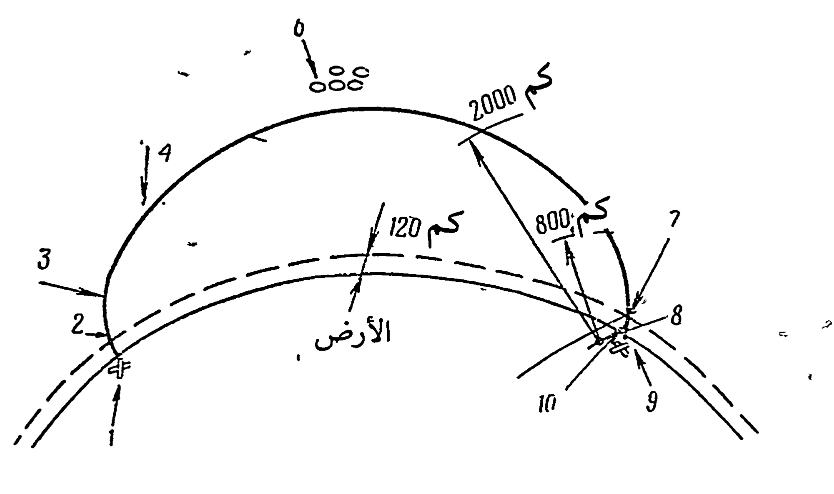
الذاتية ، التي تظهر في مجال تحت الأشعة الحمراء والمجالات الموجية الراديوية ؛
- استخدام عدة رؤوس حرب في الصاروخ الواحد ؛

تتطلب الأساليب السابقة الذكر تعقيداً في رؤوس الصواريخ ، إلا أنها تؤمن وإلى درجة كبيرة إمكانية تحييد النظام الدفاعي ضد الصواريخ .

يعرض لنا الشكل (11–14) مختلف طرق تشكيل التشويش السلبي على مقاطع مختلفة من مسار حركة الصاروخ البالستيكي . يمكننا كشف الصاروخ على الجزء الفعال الأول من الطيران (المقطع 2) بما يتركه من أثر اشعاعي في المجالين الترددين تحت الحمراء والراديوي . ولإعاقة كشف هذا الأثر يستخدمون تلك المواد ، التي تضعف من اشعاعها . إلى جانب ذلك ولأجل تقليل احتمال كشف الهدف الحقيقي يمكن تنفيذ اطلاق الصواريخ ذات الأبعاد الصغيرة ، التي تصدر آثار ايونية قوية ، عن طريق اضافة مواد إلى الوقود تتميز بالتأين السهل . ومثل هذه الاطلاقات تؤدي إلى زيادة الحمل على أنظمة الكشف المبكر الموجودة في الأسلحة المضادة للصواريخ ، الأمر الذي سيعيق كشف أثر الصاروخ الحامل للراس القتالي .

وفي الجزء المتوسط لمسار الطيران وعندما يكون رأس الصاروخ متحركا على مسار بالاستيكي خارج مجال الاوتموسفير (الغلاف الجوي) ، يصبح كشفه بالنسبة لمحطة الرادار يسيراً . ولكي نعيق كشف الصاروخ ، يمكننا استخدام وسائط مختلفة من وسائط التشويش السلبي ، وعلى الأخص الديبولات والأهداف الكاذبة كالمناطيد أو الكرات الهوائية . تتمكن الديبولات من تغطية الرأس أما الأهداف الكاذبة فتسبب إشباعاً في أنظمة الكشف والملاحقة لمنظومات الدفاع ضد الصواريخ . ويجب إسقاطها من الأجزاء الرأسية (الرؤوس) في تلك النقاط من المسار ، التي فيها تكون محطة الرادار لم تلحق بعد من كشف الهدف (قبل حد الكشف المنتظر) .

عند عبور قشرة الغلاف الجوي (الاوتموسفير) في المقطع الأخير من المسار ، تحترق الديبولات والأهداف الكاذبة ، التي تكون على شكل كرات هوائية . في هذه اللحظات يصبح كشف الهدف سهلاً . وفي هذا المقطع من مسار الهدف ، يتم تغطية الهدف بواسطة أهداف كاذبة ثقيلة ، قادرة على تشكيل آثار ايونية عالية الاستطاعة .



الشكل (11-14)

مخطط استخدام التشويش لتغطية (تمويه) صاروخ بالستيكي .
1 - موقع إطلاق الصاروخ2 - القطاع الفعال ، 3 - قطاع سقوط المحرك الصاروخي 4 - قطاع إسقاط التشويش السلبي أو أهداف كاذبة ، 5 - الجزء الأوسط من المسار ، 6 - أهداف كاذبة على شكل كرات هوائية ، 7 - قطاع دخول راس الصاروخ إلى الطبقات الكثيفة من الأوتموسفير ، 8 - قطاع الإبطاء الأعظمي لسرعة طيران الصاروخ (الحمل 50 كغ) على الارتفاع من 10-20 كم ، 9 - الهدف ، 10 - منطقة نشر العواكس الثقيلة والأهداف الكاذبة .

يقترح للمرحلة الأولى من إنتاج وسائط المعاكسة الألكترونية استخدام شظايا المحرك أو جسم الصاروخ ، المنفجرة بعد الانفصال عن الجزء الرأسي كأهداف كاذبة . إلا أنه اتضح أنه يمكننا بسهولة تمييز الاشارات المنعكسة عن الجزء الرئيسي من الصاروخ عن الاشارات المشكلة من قبل مثل هذه الأهداف الكاذبة . ولإعاقة تحقيق مثل هذا الانتخاب يجب السعي للوصول إلى أن تكون الاشارات المنعكسة عن الأهداف الكاذبة ، محشورة مع الاشارات الحقيقية للأهداف . نصل إلى هذا الهدف بالاختيار المناسب لشكل الأهداف الكاذبة أو بزيادة السطح المشكل من قبلها للغلاف الأيوني .

في الوقت الحالي ، يمكننا انتظار استخدام الديبولات والزوايا كأهداف كاذبة أو البالونات المنفوخة أو الكرات الهوائية أو الأجسام الثقيلة ذات الأغلفة الكتيمة وكذلك أجسام ذات أبعاد صغيرة بأشكال مختلفة تسقط بأعداد كبيرة .

يمكننا توزيع الأهداف الكاذبة في الجزء الراسي (الرئيسي) من الصاروخ أو في قسم من أقسام حامل الصاروخ ، الذي يكون آخر الأقسام انفصالاً عنه .

تتوضع الأهداف الكاذبة في صواريخ (ماينتمان) في أجزائها الرئيسة (الرأسية) Mark 5 ، Mark 11 ، Mark 11A ، وتتوضع أهداف كاذبة على شكل ديبولات في الصواريخ البالستيكية ذات المدى القريب من نوع (بيرشينغ) .

وحسب رأي بعض الاخصائيين ، من المناسب تركيب أهداف كاذبة خفيفة وذات أبعاد صغيرة نسبياً على الصواريخ البالستيكية ، وبحيث تستطيع هذه الأهداف الارتفاع إلى مسافة 15 كم . إن مسارات طيران الأهداف الحقيقية تختلف عن مسارات طيران الأهداف الكاذبة اختلافاً طفيفاً ولا يمكن تمييزها إلا بصعوبة ، هذا فيما إذا كان وزن الهدف الحقيقي قريباً من وزن الهدف الخداعي . أما إذا كان وزن الهدف الكاذب أقل بـ 20 مرة تقريباً من وزن الهدف المغطى ، فيمكن حينها تمييزه عن الحقيقي حسب طبيعة المسار على الارتفاع 65–80 كم .

يمكننا الحد من تركيز الجزيئات المشحونة في الغلاف البلازمي للصاروخ ، الداخل في الغلاف الجوي للأرض ، بالاختيار المناسب لشكل الجزء الرأسي وباستخدام غلافات تخمد الاشعاع الحراري للصاروخ تخميداً نسبياً .

ولاحداث تطابق كبير بين الأهداف الكاذبة والأجزاء الرأسية بدلائل الانعكاس الراداري والاشعاع بالأشعة تحت الحمراء يضيفون جزيئات من السيزيوم أو الصوديوم للغلاف البلازمي ، الذي يحتوي الأهداف الكاذبة . يتم تشكيل التشويش السلبي على الوسائط الراديوية لمنظومات الدفاع الجوي الصاروخي في تلك الحالة ، التي يقع فيها انفجار نووي فوق الهدف المراد تغطيته . وبهذا يظهر بريق عالي الاستطاعة من الاشعاع الكهرطيسي في مجال ترددي واسع . ويستطيع هذا البريق ولفترة طويلة شل عمل الأنظمة الرادارية واحداث خرق في عمل أنظمة الاتصال اللاسلكي في منطقة الانفجار .

يسعون لتعيير الخواص العاكسة للأهداف (على سبيل المثال لرؤوس الصواريخ) لتحويلها عن المراقبة الرادارية . يمكن التعرف على علامة رؤوس الصواريخ بواسطة تجهيزات الكشف الرادارية ، إذا عرفنا مواصفاتها الرادارية ، وخواصها الايروديناميكية وطبيعة اشعاعاتها في مجالات فوق البنفسجية والبصرية وتحت الحمراء والراديوية . تستخدم هذه الدلالات في المنظومات الرادارية للدفاع الجوي المضاد للصواريخ لتمييز رؤوس الصواريخ عن الأهداف الكاذبة السابحة في مجالها . ولإعاقة هذا التمييز ، يجب أن تقلد الأهداف الكاذبة الرؤوس الصاروخية تقليداً جيداً .

يمكن للرأس الصاروخي أن يختلف عن الأهداف الكاذبة بما يتميز به من شكل جسمه ، وبالأثر الذي يتركه خلفه . تتعلق علامات التمويه للرأس الصاروخي بأبعاده ، شكله ووزنه وكذلك

بسرعته وطبيعة الاعاقة المشكلة له . على سبيل المثال ، يشكل الرأس الصاروخي ذي الشكل المخروطي غلافاً بلازمياً قليل الكثافة والشكل الدائري لقاعدته يمكنه من القضاء على التيار الاسطواني الخطي (للهواء) ، ويترك أثراً ايونياً قوياً أثناء حركته في الطبقات الكثيفة من الغلاف الجوي (الايونسفير) . بهذا الشكل ، تصبح إمكانية تمييز الاشارات المنعكسة عن الرؤوس الصارخية أو المشكلة من قبلها من بين موجة الاشارات ، التي تميز الأهداف الكاذبة ، متعلقة إلى حد بعيد بمقدار معرفتنا لمواصفات الصواريخ المقصودة وكذلك بقدرة الأهداف الكاذبة على تقليد دلالاتها .

خامساً ـ الآثار المعيقة للتيارات الصادرة عن المحركات النفاثة .

يمكن أن يتشكل تشويش سلبي على محطات الرادار نتيجة لتأثير الغازات المتوهجة الصادرة عن المحركات النفاثة ، وتحت تأثير الحرارة العالية تتأين هذه الغازات . يظهر الغاز المتأين (البلازما) تأثيراً كبيراً على انتشار الأمواج الراديوية وعندها تخضع الاشارات الراديوية إلى تغييرات عشوائية ، تتعلق طبيعتها بالزمن : ضعف في التوتر ، تبعثر في الطيف الترددي ، تعديل كاذب ، تشويش في القطبية وغيرها . يكون أثر التيارات بارزاً على السطح العاكس للطائرة أو الصاروخ . وهذا جميعه يؤدي إلى انخفاض في دقة تحديد احداثيات الهدف .

إذا لم نأخذ بالحسبان أثر الحقل المغناطيسي للأرض على العمليات الجارية في البلازما ، يمكننا أن نعتبرها (البلازما) ناقلاً متجانساً للوسط غير المتأين ولتقدير مقدار تاثير هذا الوسط على انتشار الأمواج الراديوية من الضروري معرفة كثافة الألكترونات الحرة في المجال البلازمي ne ، وتغيير هذه الكثافة في المجال وعدد الألكترونات الحرة المتداخلة مع الجزيئات الأخرى (ν) .

إن حساب القيم ne وν هو عمل صعب جداً ، لهذا يقدرون الظواهر التي تحدث أثناء انتشار الأمواج الراديوية في البلازما عادة عن طريق الخبرة (التجربة) . أثبتت التجارب والحسابات النظرية أنه إذا كانت قيم ne وν ثابتة ولا تتغير على طول مسار الشعاع الراديوي في البلازما ، عندها يمكن حساب الانخفاض الحاصل في كثافة الموجة الكهرطيسية أثناء مرورها خلال الوسط البلازمي بالمعادلة التالية :

$$A = -20. \lg \frac{E_{out.}}{E_{in}} = -10 \lg \frac{P_{out.}}{P_{in.}} \delta.S;$$

$$\delta = \frac{1,8.10.ne.\nu}{\omega^2+\nu^2} \quad [\text{ديسيبيل / متر}] \qquad (28\text{-}11)$$

حيث هنا P_{in} ، E_{in} ، P_{out} ، E_{out} ـ الاستطاعات والتوترات المناسبة لحقل الاشارة الكهرطيسي في مدخل ومخرج المجال البلازمي (الطبقة) على التسلسل.

A ـ مقدار اضعاف الموجة في طبقة البلازما (بالديسيبيل) .

ne ـ كثافة الألكترونات (عدد الألكترونات في السنتيميتر المكعب) .

تُستخدم الطرق التقريبية لتقدير السطح المعاكس الفعال لتيار نفث المحرك النفاث . عندما تزيد كثافة الألكترونات الحرة في تيار النفث عن المستوى الحدي ، الذي فيه يصبح التردد البلازمي ω_p مساوياً للتردد الحامل للاشارة ω ، عند ذلك نحصل على :

$$\omega_P = \sqrt{\frac{4\pi.ne.e^2}{m}} \geqslant \omega \qquad (29\text{-}11)$$

حيث هنا m, e ـ شحنة وكتلة الألكترون ، أما الأبعاد الهندسيُة لتيار النفث فهي أكبر بكثير من طول موجة اشارة محطة الرادار ، ويمكننا إيجاد السطح العاكس الفعال لتيار النفث بطرق الهندسة البصرية . فعلى سبيل المثال ، إذا كان سطح الكثافات المتساوية للألكترونات الحرة ، الذي فيه تحقق المساواة $\omega_p=\omega$ ، هو عبارة عن قطع زائد دوراني ، عندها إذا أهملنا الخسارة الناتجة في البلازما يمكننا الحصول على :

$$\mathfrak{S} = \pi.R_1.R_2 \qquad (30\text{-}11)$$

حيث هنا R_1 ، R_2 ـ أنصاف الأقطار الرئيسية لتقوس القطع الزائد في نقطة تماسه مع الموجة الكهرطيسية الساقطة عليه .

يتعلق السطح العاكس الفعال بكمية الالكترونات الحرة المتواجدة في التيار النفاث وطبيعة توزعها . تؤثر مواد مثل الصوديوم ، السيزيوم والبوتاسيوم ، التي تضاف بكميات قليلة إلى وقود المحركات ، تأثيراً فعالاً على تشكيل الألكترونات الحرة ولزيادة كثافة الألكترونات الحرة في وقود المحرك يمكننا إضافة عنصر الألمنيوم أيضاً . إذا وصل جهد تأين غاز الألمنيوم إلى مقدار 5,98 ألكترون فولط ، يمكنه مباشرة أن يحرر كمية قليلة من الألكترونات ، وتسبب هذه الكمية ارتفاعاً سريعاً ، في درجة حرارة الاحتراق ، أما كثافة الألكترونات الحرة فمع ارتفاع درجة حرارة الاحتراق ترتفع حسب قانون أسي . بهذا الشكل ، يتغير الضغط في حجرة الاحتراق ، أما احتواء وقودها على ألمنيوم وشوائب من الكالسيوم أو الصوديوم ، أو إدخال إضافات إليه فهو قادر على إخفاض درجة التأين لغاز التيار

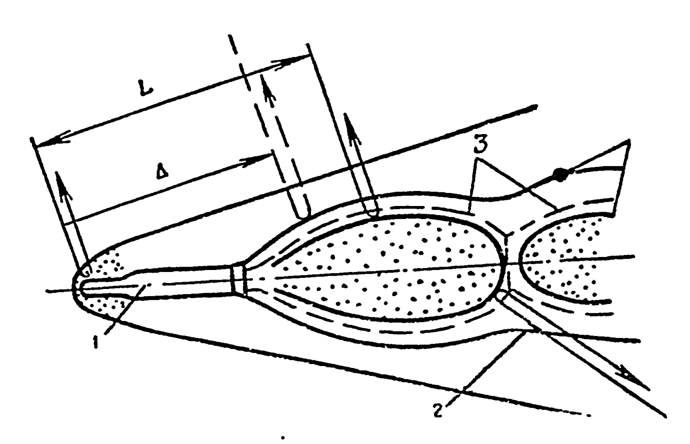
النافث ويمكننا على التحكم بمساحة السطح العاكس الفعال للتيار .

تنعكس الطاقة الصادرة عن محطة الرادار باتجاه الصاروخ وفي الوقت نفسه عن التيار النفاث (الشكل 11-15) . ونتيجة لجمع مركبات الاشارة نحصل على محصلتها . أما المركز المنتظر للانعكاس الأخير فيكون مزاحاً باتجاه المشع الاضافي ، الذي يتميز بسطح عاكس فعال كبير ، أي في الظروف المحددة ـ في اتجاه التيار النافث . يتعلق انزياح مركز الاشعاع كذلك بالارتفاع الذي يعمل عليه المحرك ، وتصل مساحة السطح العاكس الفعال إلى قيمتها الأعظمية على الارتفاعات القريبة من 60 كم .

ويعطى مقدار الانزياح لمركز الاشعاع الاضافي (الثاني) بالمعادلة :

$$\Delta = L \frac{\sigma_c}{\sigma + \sigma_c} \qquad (31\text{-}11)$$

حيث هنا : L ـ المسافة بين نقاط الانعكاس ، المتوضعة على الصاروخ وعلى التيار النافث .
σ_c ـ السطح العاكس الفعال للتيار .



الشكل (11-15) ـ شكل التيار النافث ومشعل الصاروخ .
1 الصاروخ ، 2 ـ المشعل ، 3 ـ خطوط ne= ثابت .

يعني انزياح المركز الوهمي للاشعاع الثاني (الاضافي) ، أن محطة رادار منظومة التوجيه ستقع بأخطاء في تحديدها لاحداثيات الهدف .

يمكننا تقدير فاعلية أثر التشويش المدروس بالطريقة المعروضة في الفصل الثاني من هذا الباب . عندما تتوضع محطة رادار المتابعة في نصف الكرة الخلفي بالنسبة للصاروخ ، يمكن عندها تخفيض السطح العاكس العام للتيار والصاروخ ، لأن الموجة المارة إلى التيار من نصف الكرة الخلفي تخترق طبقة البلازما في العمق وعندها تفقد طاقة كبيرة . لهذا فعند اشعاع الصاروخ من نصف الكرة الخلفي في قطاع 40° تقريباً ، يمكن لتيار الصاروخ أن يلعب دور الوسط الماص .

الباب الثاني عشر.

اختيار طرق تدمير واعماء الوسائط الراديوية الفنية.

أولاً ـ تدمير الوسائط الراديوية الفنية .

يعتبر التدمير الناري للوسائط اللاسلكية الفنية أكثر الأسياليب نجاعة . وتحتاج إعادة الأمور إلى ما كانت عليه قبل التدمير إلى إمكانيات كبيرة ووقت كبير .

تتميز الوسائط اللاسلكية الفنية كأهداف مقصودة للتدمير الناري ببعض المميزات . إذ غالباً ما تكون عبارة عن أهداف افرادية نقطية ، وابعادها الكبيرة لا تتجاوز الأمتار ، ويخالف هذه القاعدة عقد الاتصال الضخمة التي تعمل على الأمواج القصيرة والطويلة وبعض وسائط الملاحة .

تزيد هوائيات الوسائط اللاسلكية الفنية المرفوعة فوق الأرض من إمكانية رصدها البصري . ومقصود بهذا على الأخص وسائط الاتصال الراديوية ذات البث الموجّه ، المخصصة لارسال المعلومات إلى مسافات بعيدة .

ونظراً للتعقيد والمهمات المتبادلة والمتداخلة بين أجزاء وعقد المنظومات اللاسلكية الفنية فإن أي تخريب ميكانيكي لها يعتبر فعالاً .

تعقد بعض هذه المميزات الواردة الاستخدام الفعال لوسائط التدمير ، والأخرى تساعدها . ولزيادة حيوية الوسائط الراديوية ودرجة تمويهها يستخدمون ، على سبيل المثال ، شباك تمويه خاصة ، اما هوائيات محطات الرادار فيغطونها بأغطية انسيابيــة تنكرية منفوخة ولكي نخفف من مقدار الخسائر نتيجة للشظايا وقوة الانفجار ، نضع المنظومة في ملاجىء خاصة (خنادق ، مخابىء) .

يمتلك الطيران امكانيات كبيرة لتدمير محطات رادار منظومات الدفاع الجوي ووسائط الملاحة الراديوية والاتصال الراديوي . تقوم الطائرات بالبحث عن الوسائط الراديوية وهي قادرة على الاستخدام الفعال ، للسلاح المدفعي والقنابل والقذائف غير الموجهة النفاثة وغيرها من الوسائط النارية ضدها . إلا أنه ولتنفيذ مثل هذه المهام ، يجب أن تتمكن الطائرة من التخلص من وسائط الدفاع الجوي المعادية أثناء طيرانها وفي منطقة الأهداف الأمر الذي يعتبر معقداً جداً في الظروف الحديثة .

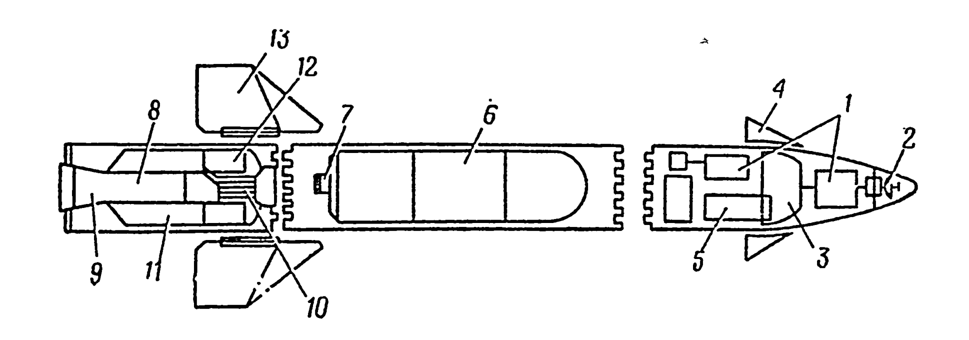
يمكن التوصل إلى الاقلال من خسائر الطائرات من جراء تأثير وسائط الدفاع الجوي وزيادة دقة

إصابة الهدف باستخدام الصواريخ الموجهة من نوع (جو ـ أرض) ، المسلحة بها الطائرات الحربية الحديثة .

استخدم الأمريكيون الصواريخ بشكل واسع اثناء غاراتهم على فيتنام ، بما فيها الصاروخ «بولباب» نموذج AGM-12 CD ، وزنه 800 كغ تقريباً وطوله 4م وقطره 45 سم . وتصل سرعة الصاروخ إلى 600 م/ ثا أما مداه فحوالي الـ 15 كم . ويوجه هذا الصاروخ إلى الهدف ، عن طريق أوامر توجيه وتحكم راديوية . أما وضع الصاروخ بالنسبة للهدف فيحدد بصرياً من قبل عامل التوجيه . يمكن استخدام الصاروخ «بولباب» ضد مواقع محطات الرادار المحمية وضد الصواريخ وغير ذلك من الأهداف . تحد المراقبة البصرية لمسار طيران الصاروخ من إمكانية استخدامه ، لأن ذلك يتعلق بظروف الطقس والتوقيت . إلى جانب ذلك ، تكون الطائرة ـ الحامل محدودة المناورة حتى انتهاء الصاروخ من طيرانه ، الأمر الذي يزيد من احتمال اصابتها من قبل وسائط الدفاع الجوي المعادية . لهذا وحسب اعتراف الأمريكان فإن نصف عِدد الصواريخ من نوع «بولباب» لا تتجاوب مع أوامر التوجيه بعد اطلاقها .

ولكي يصبح توجيه طيران الصاروخ ذاتياً وآلياً يجب تزويده برأس توجيه ذاتي راداري (الشكل 12-1) ، إذ يتموضع في رأس الصاروخ محطة الرادار (1) والهوائي (2) . تقوم محطة الرادار بإنتاج إشارة عدم التوافق بين اتجاه الطيران الفعلي والاتجاه المطلوب للطيران . تعطى هذه الاشارة إلى نظام التوجيه الذاتي (3) ، الذي يؤثر بدوره على الموصلات المرتبطة مع الدفات (4) . وهنا أيضاً تقع المدخرة (5) التي تقوم بمهمة تقديم التغذية الكهربائية ، أما القسم الحربي (رأس الحرب) (6) مجتمعاً مع المفجر (7) فيتموضعان في القسم الأوسط من الصاروخ . ويقع المحرك (8) والعادم (9) وحجرة التوازن (10) ووحدة البخاخات (11) ونظام تغذية الوقود (12) في القسم الخلفي . ولتأمين المميزات الايروديناميكية الضرورية للصاروخ ، تم تزويده بسطوح اتزان رأسي متموضعة بشكل متصالب (13) .

ومثل هذا المخطط تمتلكه الصواريخ الخاصة المضادة للرادار ، التي تستخدم الاشعاع الراديوي الصادر عن محطات الرادار المستهدفة لتوجيه نفسها إليها . وكمثال على هذا النوع من الصواريخ صاروخ (شرايك) . وزنه 227 كغ ، طوله 3,5 م تقريباً ، قطره 20 سم ، مداه 16 كم عندما تكون سرعته 800 م/ثا .



الشكل (12-1)

مخطط محتمل لصاروخ ذي رأس توجيه ذاتي راداري .

- النظام الراداري ، 2 - الهوائي ، 3 - منظومة التوجيه الذاتي ، 4 - الدفة ، 5 - مدخرة التغذية الكهربائية ، 6 - رأس الحرب ، 7 - المفجر ، 8 - المحرك ، 9 - العادم ، 10 - حجرة التوازن ، 11 - البخاخات ، 12 - نظام التزويد بالوقود ، 13 - سطوح التوازن الرأسية .

يتلقى نظام التوجيه الذاتي للصاروخ الأوامر من المستقبل الراداري الموجود فيه ، الذي يقوم بقياس مستوى استطاعة الموجه الرادارية (الراديوية) للمحطة المستهدفة وتنتج اثر ذلك إشارة الخطأ المناسبة . فعلى سبيل المثال ، يشير انخفاض مستوى استطاعة الموجه إلى انزياح الصاروخ عن محور الشعاع الراديوي وبالتالي انحرافه عن اتجاه الهدف ، الأمر الذي يؤدي إلى إنتاج الأمر المناسب . وعمل مثل هذا النظام لا يتعلق بظروف الطقس ولا بوضع الطائرة الحامل بعد إطلاق الصاروخ .

تتعقد عملية التوجيه الذاتي إلى مصدر الاشعاع الراديوي بسبب انعكاس الأمواج الراديوية عن مختلف مكونات المنطقة المحيطة بمحطة الرادار ، الأمر الذي يؤدي إلى وقوع أخطاء في تحديد الاتجاه إلى الهدف المشع . بالإضافة إلى أن الصاروخ يصبح عديم التوجيه عند إطفاء الاشعاع عن مصدر البث .

إن استخدام الطيران وغيره من صنوف الأسلحة لتدمير الوسائط اللاسلكية الفنية للعدو لا ينفي استخدام مغارز عسكرية خاصة ، تخترق الخطوط لتصل إلى نقاط تمركز الوسائط اللاسلكية الفنية ووسائط الدفاع الجوي المعادية وتدمرها بواسطة الرشاشات والقنابل وغيرها من الأسلحة الفردية . واستخدمت مثل هذه المفارز في الحرب العالمية الثانية . وفي جنوب فيتنام قامت مجموعات مقاتلي جيش التحرير الشعبي في أيار عام 1967 بتدمير كتيبة صواريخ م/ط «هوك» الموجهة .

يمكن تدمير الوسائط اللاسلكية الفنية مسبقاً في منطقة الخرق المفترضة وأثناء تنفيذ العملية الهجومية بواسطة قوى ووسائط تُخصص لهذا الجهد . وفي الوقت نفسه يجب توقع استخداماً واسعاً للتشويش الراديوي ضد المواقع التي لم تفقد جاهزيتها القتالية .

ثانياً ـ دور التراتيب القتالية والمناورة .

تحدد تراتيب قتال القوات ، قبل كل شيء ، بالمهمة القتالية المكلفة بها . وعادة ما تعتبر أساليب المعاكسة الألكترونية عبارة عن أساليب تأمين وتنفيذ بعد أخذ جميع العوامل المؤثرة على تنفيذ المهمة القتالية بعين الاعتبار . وتلعب المعلومات عن تركيب الوسائط اللاسلكية الفنية للعدو وتموضعها وأهمية كل من أجزائها دوراً خاصاً مميزاً في هذا المجال .

تحتاج الأعمال التي يقوم بها الطيران لتحاشي وسائط الدفاع الجوي استخداماً للتراتيب القتالية ، الملائمة لتنفيذ المهمة الموكلة بواسطة الوسائط المتوفرة ولظروف الصراع ضد الوسائط اللاسلكية الفنية .

تستطيع المجموعات الضاربة تمويه ذاتها بواسطة التشويش المشكل من قبل طائرات خاصة . لذلك لا تدخل ضمن الترتيب القتالي للمجموعات الضاربة . استخدمت مثل هذه الطائرات بشكل واسع في الحرب العالمية الثانية . وهنالك معلومات تشير إلى احتواء القوى الجوية الأمريكية على طائرات صممت خصيصاً لهذا الغرض ـ حاملة للتشويش من نوع ASD-20 .

ولاختراق وسائط الدفاع الجوي ، يتوجب على الطائرات ومجموعاتها استخدام جميع أشكال المناورة الدفاعية : كالمناورات المضادة للصواريخ (المدفعية الجوية) ، والمضادة للطيران المقاتل والمضادة للكشف الراداري .

تنفيذ المناورات المضادة للصواريخ وللطيران المقاتل بتغيير اتجاه الطيران مع التغيير المستمر لسرعة الطيران الخطية .

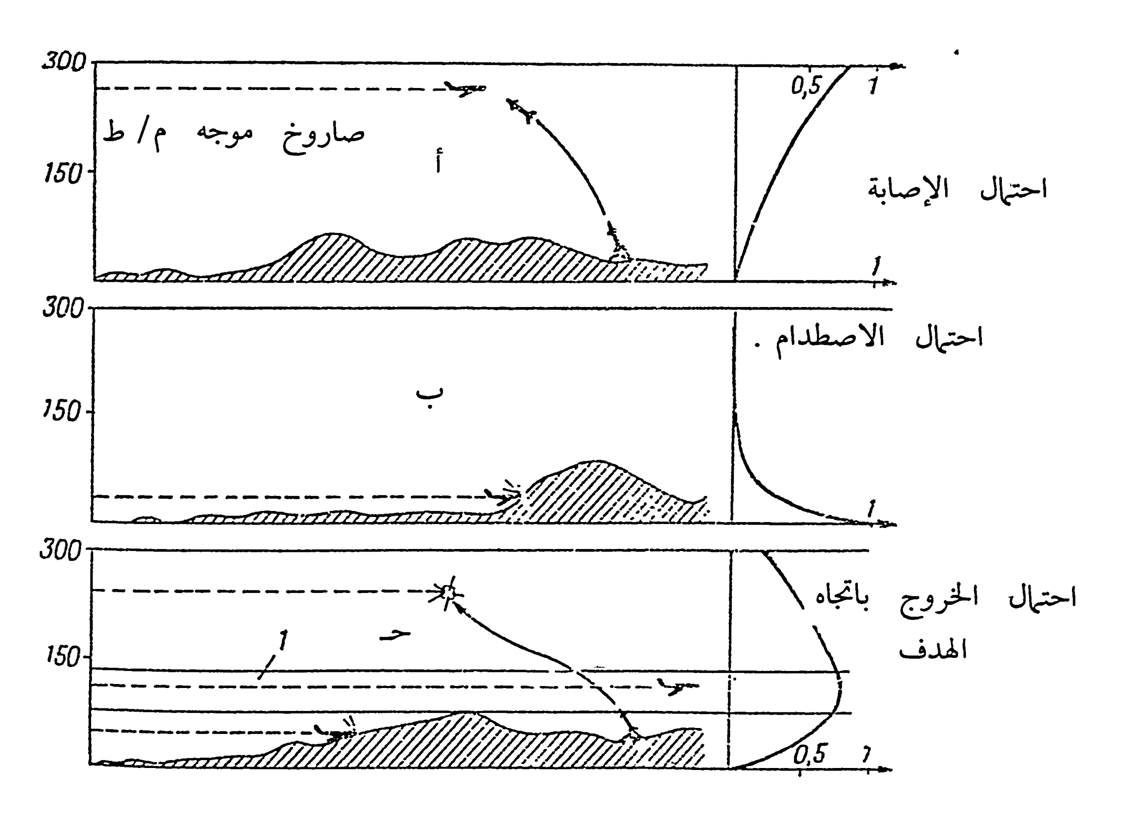
أما المناورات المضادة للكشف الراداري فتنحصر في تغيير وضع الطيران ومساره بهدف تخفيض مدى كشف الطائرة من قبل محطات الرادار .

تحتل المناورات المضادة للكشف الراداري أهمية خاصة للتهرب من الوقوع في منطقة الكشف ، وعندها يكون ، تجنب الكشف أكثر أهمية من إدارة الصراع ضد الوسائط اللاسلكية الفنية للعدو .

إن أحد الأساليب الأكثر أهمية في المناورات المضادة للشكف الراداري هو الطيران على

ارتفاعات منخفضة مع تعرجات الأرض . وبهذا نستطيع تجنب الكشف من قبل المحطات الرادارية ذات الكشف البعيد المدى . ففي عام 1958 طارت الطائرة الأمريكية B-58 فوق كامل أمريكا الشمالية (مسافة أكبر من 2000 كم) على ارتفاع من 100-150 م بسرعة متوسطة قدرها 1100 كم/ سا ولم تستطع أي من محطات رادار الكشف الجوي التابعة لمنظومة الدفاع في الولايات المتحدة ، كشف هذه الطائرة .

إلا أن الطيران على ارتفاعات منخفضة يسبب صعوبات جمة للتوجيه الملاحي ، وتزيد هذه الصعوبات كلما انخفض الارتفاع وزادت سرعة الطيران . وعند الطيران على ارتفاعات أكبر من 200م (الشكل 12-2 أ) يزيد مدى كشف الطائرة ، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة احتمال تدمير الطائرة من قبل وسائط الدفاع الجوي .



الشكل (12-2)

تأثير ارتفاع الطيران على سلامة الطائرة .

1 ـ الكوريدور الأكثر أماناً للطيران .

وعند الطيران على ارتفاعات أقل من 50 م يزيد احتمال اصطدام الطائرة بالمواقع الأرضية (الشكل 12-2 ب) . وانطلاقاً من هذه العوامل يجب اختيار الارتفاع الأكثر أماناً للطيران (الشكل 12-2 حـ) .

تتعلق صعوبات الطيران على الارتفاعات التي تقل عن 90 م بمحدودية المناورة العمودية وبتوفر التيارات الهوائية التوربينية المحلية ، التي تعقد التوجيه والتحكم بالطائرة . يضاف إلى ذلك مقدرة العدو على استخدام الوسائط المعيقة لخروج الطائرة باتجاه الهدف : شبكات الحبال المحمولة على مناطيد ، الصواريخ م/ط الموجهة ذات رؤوس التوجيه التي تعمل على الأشعة تحت الحمراء ، العواكس الديبولية المنتشرة فوق التلال .

ويمكن زيادة أمان الطيران على الارتفاعات المنخفضة بالاستخدام الناجح لمنظومات محطة رادار الطائرة مع الأجهزة الحاسبة . تحصل الأولى على معلومات عن المسافة والاتجاه إلى العوائق الأرضية . أما الثانية فتستخدم هذه المعلومات مع تلك المتوفرة لديها عن طرق تجاوز العوائق ، لتنتج مساراً للطيران المترافق مع مناورة عمودية مناسبة لتجاوز العوائق على أخفض ارتفاع ممكن .

أثناء تصميم الطائرات ، يسعون لكي تستطيع هذه الطائرات الطيران طويلاً على ارتفاعات منخفضة . فعلى سبيل المثال صممت الطائرة F-111 ووضعت في الانتاج ، بعد تزويدها بمزدوجة جناحية قابلة لتغيير وضعها أثناء الطيران وذلك بطلب من القوات الجوية للولايات المتحدة الأمريكية .

وصمم هذا الصنف من الطائرات بحيث يستطيع الطيران على ارتفاعات منخفضة حدية ، بسرعات تحت وفوق صوتية ، الأمر الذي ، حسب وجهة نظر الطالب ، يؤمن تجنب الدفاعات الجوية الحديثة .

وبقدر ما يجري استيعاب الطيران على الارتفاعات المنخفضة يجري تطوير وسائط الكشف وبشكل خاص محطات الرادار . ترتفع إمكانية محطات الرادار في كشف الأهداف التي تطير على ارتفاعات منخفضة بواسطة استخدام دارات حماية خاصة من التشويش السلبي واختيار التموضع المناسب للهوائيات في هذه المحطات . بهذا الشكل يتم تقليل تأثير الاشارات المنعكسة عن الاجسام الأرضية المحلية . ويسمح بتحسين الانتخاب والتمييز للأهداف المتحركة من قبل محطات الرادار ذات الاشعاع المستمر (على سبيل المثال محطات رادار الدلالة عن الأهداف على الارتفاعات المنخفضة AN/ MPQ-34 الداخلة ضمن منظومة «هوك») .

ولزيادة مدى الرؤية الأمامية لمحطة الرادار يركبونها على أبراج خاصة (على سبيل المثال) محطة الرادار (AN/FPS-36) . وتلعب محطات الرادار المركبة على طائرات ومناطيد ذات محركات مخصصة لأعمال الدورية . دوراً هـامـاً في هـذا المجال .

ثالثا ـ الاستخدام المشترك لمختلف أساليب الصراع ضد الوسائط اللاسلكية الفنية

لا تؤدي المعاكسة الألكترونية إلى تدمير واعماء الوسائط اللاسلكية الفنية ـ كل طرف يمكنه التلاؤم مع الوضع الراديوي المتشكل . لهذا يصبح مستبعداً الاستخدام الطويل للخبرة الناجحة المتشكلة عن الاستخدام الأول لهذا أو ذاك من أنواع التشويش ، لأن العدو سيحاول حماية نفسه من هذا التشويش بأسرع وقت ممكن .

لهذا يجب التنويع في استخدام الوسائط المختلفة للتشويش الراديوي وللسطع اللاسلكي الفني ، ودون انقطاع ، مراقبة نتائج تأثير هذا التشويش ودراسة خبرة استخدامه وعدم السماح بتقليده ، وتحديث الأساليب التكتيكية للمعاكسة الألكترونية واستخدام وسائط التشويش وعند هذا يجب اعتبار أن المفاجأة في استخدام أساليب جديدة في تشكيل التشويش ، يرفع بشكل ملحوظ من فاعليته .

يوجه الاستخدام المشترك لمنظومة السطع اللاسلكي الفني وتشكيل التشويش إلى التنفيذ الناجح لمهام المعاكسة الألكترونية وبشكل خاص بوسائط توجيه السلاح اللاسلكية الفنية (الرادارية) . لهذا يتوجب على هذه المنظومة المشتركة تنفيذ المهام التالية على أقل تقدير :ـ

- استلام المعلومات عن الوضع اللاسلكي الفني وتقييمها أثناء عملية القيام بتجنب وسائط الدفاع الجوي المعادية .
- اختيار أكثر الأساليب نجاعة في الصراع .
- تنفيذ الأساليب المختارة في الوقت المناسب .
- تقدير نتائج استخدام التشويش .

كمثال على مثل هذه المنظومات المختلطة ، ندرس النظام المركب على الطائرة الأمريكية الاستراتيجية B–52 . يتألف هذا النظام من منظومة السطع والتشويش ALR–20 ومنظومة الانذار AN/APS–105 .

تتألف المنظومة ALR-20 من سبعة مستقبلات ذات تضخيم أمامي تعمل ضمن المجال الترددي من 50-11000 ميغاهيرتز . تعطى المعلومات الصادرة عنها إلى جهاز العرض الترددي الذي يضم صمام أشعة مهبطية تساعي الاشعة ، ويتمكن العامل من تقدير الوضع اللاسلكي الفني وتشغيل مرسلات التشويش المناسبة لذلك . أما المنظومة AN/APS-105 فتقوم بتحديد الاتجاه إلى مصدر الارسال بطريقة المقارنة بين أطوار الاشارات ، الواردة إلى خطي الاستقبال والهوائيات المتماثلة .

يسمح الاستخدام المشترك لكلا المنظومتين ALR-20 وAN/APS-105 تحديد نوع محطة الرادار المستخدمة على صواريخ الدفاع الجوي الموجهة وتحديد مكان توضعها . وتستخدم هذه المنظومة للتوجه إلى مواقع صواريخ الدفاع الجوي بهدف تدميرها .

يقوم العامل بتوجيه عمل هذا النظام المختلط . يقدر الموقف ويتخذ القرار . ولمثل هذا النوع من الطائرات كـ F-111 صممت أنظمة للمعاكسة الألكترونية الاوتوماتيكية من طراز AN/ APS-109 تقوم بالانذار عن الاشعاع وتتألف من محطة استقبال كهربائية بصرية ومحطة تشويش جوابي وتجهيزات لتشكيل تشويش سلبي (موزع تشويش) .

إن المحطة AN/APS-109 هي عبارة عن مستقبل عريض المجال الترددي ، يؤمن كشف محطات الرادار الأرضية التي تقوم بالاشعاع على الطائرة وتحديد انتمائها وتحديد احداثياتها وتستطيع تنفيذ ما ورد سابقاً بالنسبة لمحطات الرادار الطائرة (المحمولة) وبعد ورود اشارات المحطة يتم تشغيل وسائط المعاكسة الألكترونية اوتوماتيكياً وكذلك انتاج الاتجاه إلى محطة الرادار - مصدر البث وإطلاق الحاسب الألكتروني الملاحي لتأمين عملية الهجوم على الهدف .

تؤمن التجهيزات الألكترونية البصرية كشف مشعل محرك الصاروخ أو الطائرة بهدف انذار الطاقم في حالة انتقال الطائرة المهاجمة (الصاروخ) إلى نظام الصمت الراديوي .

ترسل محطة التشويش الجوابي بشكل اوتوماتيكي اشعاعات تشويشية باتجاه محطات الرادار المكتشفة الأكثر خطورة . تمتلك المحطة عدة أقنية في كل مجال ترددي . يتشكل موزع التشويش من قاذفين يعملان على ضغط الهواء ، بالاشتراك مع بقية التجهيزات وبواسطته يتم قذف العواكس الديبولية ذات المقاييس المناسبة أو تتشكل ومضة لتشكيل تشويش على رؤوس التوجيه التي تعمل على الأشعة تحت الحمراء .

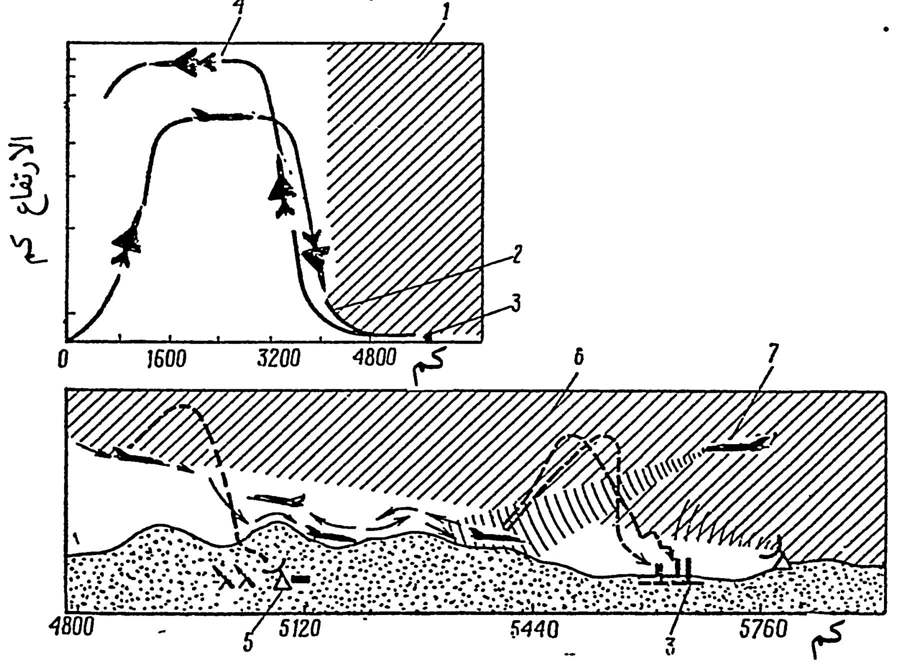
يعتبر أهم ما يميز هذا النظام حسب رأي مصمميه ، قدرةالمحطة AN/APS-109 على تأمين مراقبة فعالية التشويش المشكل ، الأمر الذي يزيد من مرونة التحكم بالنظام أثناء تنفيذ العدو أساليب مضادة ممكنة .

ويشيرون إلى أن من ميزات منظومة السطع والتشويش المذكورة هي ملاءمتها مع المبادىء التكتيكية الرئيسة لاستخدام الطائرة . يوضح الشكل (12-3) مخطط الطيران القتالي للطائرة الأمريكية القاذفة الاستراتيجية FB-111 .

تطير الطائرة قبل منطقة تأثير محطات رادار الدفاع الجوي المعادي على ارتفاع عال بسرعة عالية وتزود بالوقود . تعبر الطائرة منطقة الدفاع الجوي المعادي على ارتفاعات منخفضة بسرعة تساوي تقريباً سرعة الصوت (1 ماك) .

يتم الطيران «تحت شعاع» محطات الرادار ومع تضاريس الأرض في تلك المنطقة بواسطة نظام الملاحة الخاص بالطائرة . وعند تجاوز الطائرة لمنطقة الدفاع الجوي يجب القيام بتنفيذ ضربات ضد مواقع الصواريخ م/ ط الموجهة بصواريخ من نوع (جو- أرض) طراز SRAM . وللتأثير المعاكس على محطات رادار الطائرات للكشف الراداري المبكر وعلى محطات رادار كشف الأهداف المنخفضة يتم تشكيل تشويش راديوي بواسطة نظام خاص لذلك يتوضع في الطائرة ، الذي وفي العديد من القاذفات من طراز FB-111يعتبر أساساً لتجهيزاتها الخاصة ، يقوم بمهمة خرق عمل منظومة الدفاع الجوي ضمن مجال عملها . وكوسائل للمعاكسة الألكترونية يستخدم التشويش الايجابي والتشويش السلبي ، والاقلال ما أمكن من إبعاد الطائرة لخفض مقدار سطحها العاكس الفعال والحد من الفجوات الهوائية والآثار التي تتركها عوادم المحركات وذلك بهدف إنقاص مدى كشف الطائرة بواسطة الأنظمة العاملة على الأشعة تحت الحمراء .

إن تصميم وإنتاج الطائرات مع الأخذ بعين الاعتبار ما تحتاجه المعاكسة الألكترونية سوف يناسب الاستخدام الناجح الكبير لمختلف أنواع التشويش ومختلف أساليب إنقاص فاعلية الوسائط اللاسلكية الفنية .



الشكل (3-12) مخطط الطيران القتالي للقاذفة إلى هدف يقع في عمق الدفاع الجوي .
1 - قطاع تأثير محطة الرادار ، 2 - بداية خرق قطاع الدفاع الجوي ، 3 - الهدف ، 4 - خط سير العودة ، 5 - موقع الدفاع الجوي الصاروخي ، 6 - قطاع تشكيل التشويش وإطلاق صواريخ SRAM ، 7 - طائرة إنذار مبكر .

البـاب الثالث عشر

سطع الوسائط اللاسلكية الفنية.

أولا - معلومات عامة عن سطع الوسائط اللاسلكية الفنية .

لتنظيم عملية الصراع ضد الوسائط اللاسلكية الفنية ، يجب معرفة مواقع نشرها ومواصفاتها الفنية والتكتيكية . يمكن الحصول على مثل هذه المعلومات باستخدام طرق السطع المختلفة وبواسطة وسائط فنية خاصة ، لا تؤمن كشفها فقط ، بل المراقبة والملاحقة المستمرة لها وتحديد مواصفاتها . ولسطع المنظومة اللاسلكية الفنية تستخدم وسائط التصوير الفوتوغرافي ووسائط التقاط وتسجيل الاشارات الراديوية .

يسمح لنا التصوير الفوتوغرافي بالحصول على معلومات دقيقة عن الشكل الخارجي والتموضع النسبي للأهداف . أما تشفير الصور الدقيق ومقارنتها بالخرائط فيمكننا بدقة كبيرة تحديد مكان توضع الأهداف وتنظيم تدميرها بواسطة الطيران أو الصواريخ . إلى جانب ذلك ، يمكننا حسب الشكل الخارجي وقياسات هوائيات الوسائط الفنية اللاسلكية الحكم على أهميتها ومعرفة تفصيل مميزاتها الفنية .

إلا أن التصوير الفوتوغرافي لا يقدم أية معلومات عن طبيعة الاشارات الصادرة عن الوسائط اللاسلكية الفنية ولا عن نظام عملها ، على الرغم من أن مثل هذه المعلومات مفيدة جداً خاصة للمعاكسة الألكترونية . يمكننا الحصول على مثل هذه المعلومات بعد تحليل اشارات الوسائط اللاسلكية الفنية ، لأن اشارات كل واسطة تتمتع بمزايا خاصة بها .

إن محتوى ومضمون السطع اللاسلكي الفني ينحصر في الحصول على المعلومات عن العدو بطريقة التقاطه وتحليل اشاراته المرسلة من قبل وسائطه اللاسلكية الفنية وينفذ هذا العمل مستقبلات رصد خاصة تحمل في الجو أو تركب على الأرض أو على الأقمار الصناعية . تقوم عناصر منظومة السطع اللاسلكي الفني المولفة على ترددات منظومة انتاج التشويش الراديوي أو العاملة بالاشتراك معها بتأمين المعاكسة الألكترونية الفعالة والمناسبة بالزمن .

ينفذ السطع اللاسلكي الفني مهمات لصالح جميع صنوف القوات المسلحة ويلعب دوراً مميزاً في السطع اللاسلكي الفني الجوي لتأمين عمليات الطيران القتالية ، وقبل كل شيء أثناء محاولة تجاوز

(تجنب) الدفاع الجوي المعادي ، المتمركز ، على الأرض أو في مسارح الأعمال القتالية في البحار ، لأنه وهنا بالذات تتمركز أعداد كبيرة من الوسائط اللاسلكية ويلعب السطع اللاسلكي الفني دوراً ليس صغيراً في إظهار واعماء الوسائط اللاسلكية الفنية التي تراقب مسرح المعركة في القوات البرية .

يؤمن الحصول على المعلومات عن مكان التموضع والامكانيات التكتيكية ونظام عمل الوسائط اللاسلكية الفنية ، فضح تجمعات قوى ووسائط العدو واختيار الأساليب الملائمة للصراع .

وحسب طبيعة المعلومات المستقاة وترتيب استخدامها يقسم السطع اللاسلكي الفني إلى سطع أولي وسطع مباشر . تستخدم الأدبيات الأمريكية مثل هذا التقسيم لمراحل السطع اللاسلكي الفني لكنها تسميه بالسطع الاستراتيجي والسطع التكتيكي .

ينفذ السطع الأولي عن طريق المراقبة المستمرة المنظمة للوسائط اللاسلكية الفنية للعدو والحصول على معلومات عن نوعية تراكيبه وكميتها ، أمكنة توضعه ، المواصفات الفنية والتكتيكية لوسائطه ، نظام عمله وطرق استخدامه لهذه الوسائط . يتعلق السطع الأولي بالتراكم الطويل للمعلومات واستخراج وانتاج المعطيات السطعية ، لذا فهي تتفاعل بشكل وثيق مع أشكال السطع الأخرى .

إن المعلومات المحصول عليها عن طريق السطع الأولي لفضح تجمعات العدو ، تقدير طبيعة تسليحها وغاياتها هي معلومات ضرورية . إلا أنه من الصعب الحصول على معلومات كاملة متكاملة عن ذلك ، لأنه في مرحلة النشاط القتالي غير الواسع ، لا تعمل جميع الوسائط اللاسلكية الفنية المعادية .

أما استكمال المعلومات فنقوم به أثناء السطع اللاسلكي الفني المباشر . يحصل السطع المباشر على معلومات عن الوسائط الفنية اللاسلكية المعادية أثناء سير الأعمال القتالية بهدف الاستخدام السريع لها لتوجيه ضربات ضد الوسائط اللاسلكية الفنية المكتشفة من جديد وكذلك للاستخدام الأكثر فاعلية للتشويش الراديوي . وفي مجال الطيران تقوم وسائط السطع اللاسلكي الفني بإنذار الأطقم عن الاشعاع الراداري بواسطة وسائط توجيه المطاردات م/ ط والصواريخ الموجهة .

يسمح السطع اللاسلكي الفني الحصول على معلومات عن الوسائط اللاسلكية الفنية الواقعة على أبعاد كبيرة ، الأمر الذي يؤمن سرية عالية وقدرة مناوراتية جيدة للوسائط المستخدمة وتعتبر هي الوسائط الوحيدة العملية ، القادرة على كشف وجود اشعاع وقياس الترددات الحاملة للوسائط اللاسلكية الفنية ، الأمر الضروري لتشكيل تشويش فعال .

لكن يجب الاشارة إلى أن إمكانيات السطع اللاسلكي الفني محدودة بعض الشيء ، لأن مصدر المعلومات هو الاشعاع الراديوي فقط ، الذي لا يعكس لنا جميع المواصفات الفنية والتكتيكية

للوسائط المستطلعة . وتتعقد عملية تنفيذ السطع لأن العدو سيستخدم بدوره جميع الوسائل الممكنة لرفع سرية عمل وسائطه .

وحسب الاخصائيين الغربيين ، يوجد هنالك عدة طرق لتأمين سرية عمل الوسائط هي :

- الاشعاع في اتجاهات محددة جداً ،
- اقلال زمن البث ليصبح أصغرياً ،
- تمويه الاشعاع باشعاعات كاذبة .

يمكننا التنظيم الصحيح للسطع اللاسلكي الفني والقدرة على استخدام وسائط السطع الأولي والمباشر بالتوافق مع استخدام الوسائط الفنية الأخرى للسطع، من الحصول على معلومات موثوقة عن الوسائط اللاسلكية الفنية المعادية .

ثانيا - المعلومات الناتجة عن السطع اللاسلكي الفني .

تحلل الاشارات الملتقطة ، بواسطة السطع اللاسلكي الفني ، من قبل تجهيزات خاصة يسمى مجموعها بمحطة السطع اللاسلكي الفني .

تحمل هذه الاشارات معلومات عن ذاتها مثل الاهتزازات الحاملة ونوع التعديل ونظام العمل والمميزات الفراغية .

مواصفات الاهتزازات الحاملة - هي التردد الحامل والاستطاعة (المطال) في نقطة الاستقبال تخدم كمؤشرات عن وظيفة الوسائط ومعرفتها ضرورية لتشكيل تشويش فعال ضدها . تحدد الميزات الفراغية اتجاه الانتشار وطبيعة استقطاب الأمواج الراديوية وعندما نستطيع تحديد اتجاهات البث من عدة أمكنة نتمكن من تحديد موقع مصدر البث . ومعرفتنا لطبيعة استقطاب الأمواج تسمح لنا خفض استطاعة التشويش الضروري لاعماء الوسائط المستطلعة .

أما مواصفات التعديل (نوعه) فيشير إلى مهام الوسائط ومقدار حمايتها من التشويش وتتعلق بنظام الاشعاع . وعندما يكون الاشعاع نبضياً ، عادة ما يحددون التردد التكراري وعرض النبضات أو حزمها . يعدل الاشعاع المستمر عادة تعديلا ترددياً أو طورياً بترددات ذات اهتزازات منخفضة . يعتبر التردد وشكل تعديل الاهتزازات والانحراف (الانحراف عن القيمة الموضوعة) للتردد الحاصل ، هي أهم مميزات الاشعاع المستمر . تسمح لنا معرفة مواصفات التعديل تحديد نوع الواسطة المستطلعة بدقة كافية ، إذا عرفنا مسبقاً المواصفات الفنية للوسائط المحتمل توفرها لدى العدو .

تحدد لنا معرفة طبيعة نظام العمل ترتيب استخدام الوسائط المستطلعة .

أما مواصفات الاشارات ، المأخوذة بهذه الكلية أو تلك ، فهي عبارة عن دلالات سطعية بواسطتها يمكننا تمييز هذه الوسائط عن تلك وتحديد وظائفها ونوعها . عادة ما يقسم الاخصائيون الغربيون هذه الدلالات إلى عملياتية ـ تكتيكية وتمييزية .

تسمح لنا معرفة الدلالات العملياتية ـ التكتيكية السطعية الحكم على تركيب المجموعات وعملها وعن نوايا العدو . ينتمي إلى هذه الدلالات وجود عدة وسائط لاسلكية فنية ذات وظيفة معينة وطبيعة تموضعها على الأرض وحركتها ، في قطاع محدد . فعلى سبيل المثال يمكننا أن نقول أنَّ وجود ثلاث محطات رادار في مساحة أبعادها 300×400 م في منطقة انتشار نظام صواريخ هوك م/ط الأمريكي ، يعتبر أحد الدلالات العملياتية التكتيكية لهذا النظام وتقوم إحدى هذه المخططات بالعمل على نظام سطع الفضاء .

ولا يمكن تحديد بداية استخدام هذا النوع من السلاح أو ذاك إلا بعد الحصول على مجموعة متتابعة من الإشارات وتحليلها بواسطة مختلف وسائط السطع اللاسلكي الفني . فعلى سبيل المثال إذا ظهرت ، أثناء تنفيذ الطيران لمهامه ، وهو يطير على ارتفاعات منخفضة اشعاعات صادرة عن محطة رادار تعمل على نظام الاشعاع المستمر وتقوم بمهمة السطع اللاسلكي الفني وبعدها لوحظ الانتقال إلى نظام البث النبضي والملاحقة ، عندها يجب الاستنتاج أن هنالك اعداد لاستخدام منظومة م/ ط «هوك» ضد الطائرة .

تشير علامات تمييز الوسائط اللاسلكية الفنية إلى معطياتها الفنية ـ التكتيكية وتسمح بتحديد الانتماء الحكومي لها وصنف القوات ، والوحدة التابعة لها وفي النهاية معرفة وظيفتها ، وإذا كانت المواصفات الفنية لمختلف أنواع هذه الوسائط معروفة مسبقاً فيمكننا عندئذ تحديد نوعها .

ينتمي إلى عداد دلائل التمييز مؤشرات عدة هي : المجال الترددي العامل (أو الترددات العاملة المحتملة) ، استطاعة الاشعاع ، التردد ، عرض النبضة ، شكل الاشارات أو مجموعة الاشارات (أثناء البث النبضي) ، عدد الاهتزازات المعدلة ترددياً ، تردداتها والانحراف عن التردد العامل (أثناء الاشعاع المستمر) ، طبيعة تغيير اتجاه الاشعاع (طبيعة الكشف) وعرض المخطط الاشعاعي الاحداثي للهوائي . تستطيع وسائط السطع اللاسلكية الفنية مبدأياً قياس جميع هذه المواصفات وفي الوقت نفسه التعرف على هذه الوسائط .

تقسم دلائل السطع التمييزية بدورها إلى دلائل مجموعاتية ودلائل محددة . تميز الدلائل المجموعاتية نوعاً محدداً من وسائط السطع اللاسلكية الفنية وبمجملها تعكس خواصها المميزة .

نستطيع باستخدامنا للأساليب الواردة سابقاً وتطبيقها بواسطة الوسائط الفنية من تحديد مواصفات الاشارات ، والتوصل إلى معلومات كافية ، نتخذها كدلائل سطع تمييزية .

ثالثاً ـ استطلاع الاشارات الراديوية .

تتعلق طبيعة عملية قياس مواصفات الاشارات الراديوية ، كذلك تركيب ومبدأ عمل المنظومة المستخدمة لهذا الغرض بالاستمرارية والشكل . وحسب ذلك ، يمكننا تقسيم الاشارات إلى الأنواع الآتية :

ـ اشارات مستمرة ، عرضها متناسب قياسياً مع زمن مكوث محطة الاستطلاع في قطاع الواسطة المستطلعة (الشكل 13-1 أ) ، وينتمي إلى هذه الاشارات اشارات محطات الاذاعة ، وسائط الوصل الراديوية (اللاسلكية) ، المرسلات التلفزيونية ، محطات الرادار ذات الاشعاع المستمر ، المستخدمة للملاحقة الاوتوماتيكية للأهداف بالاتجاه .

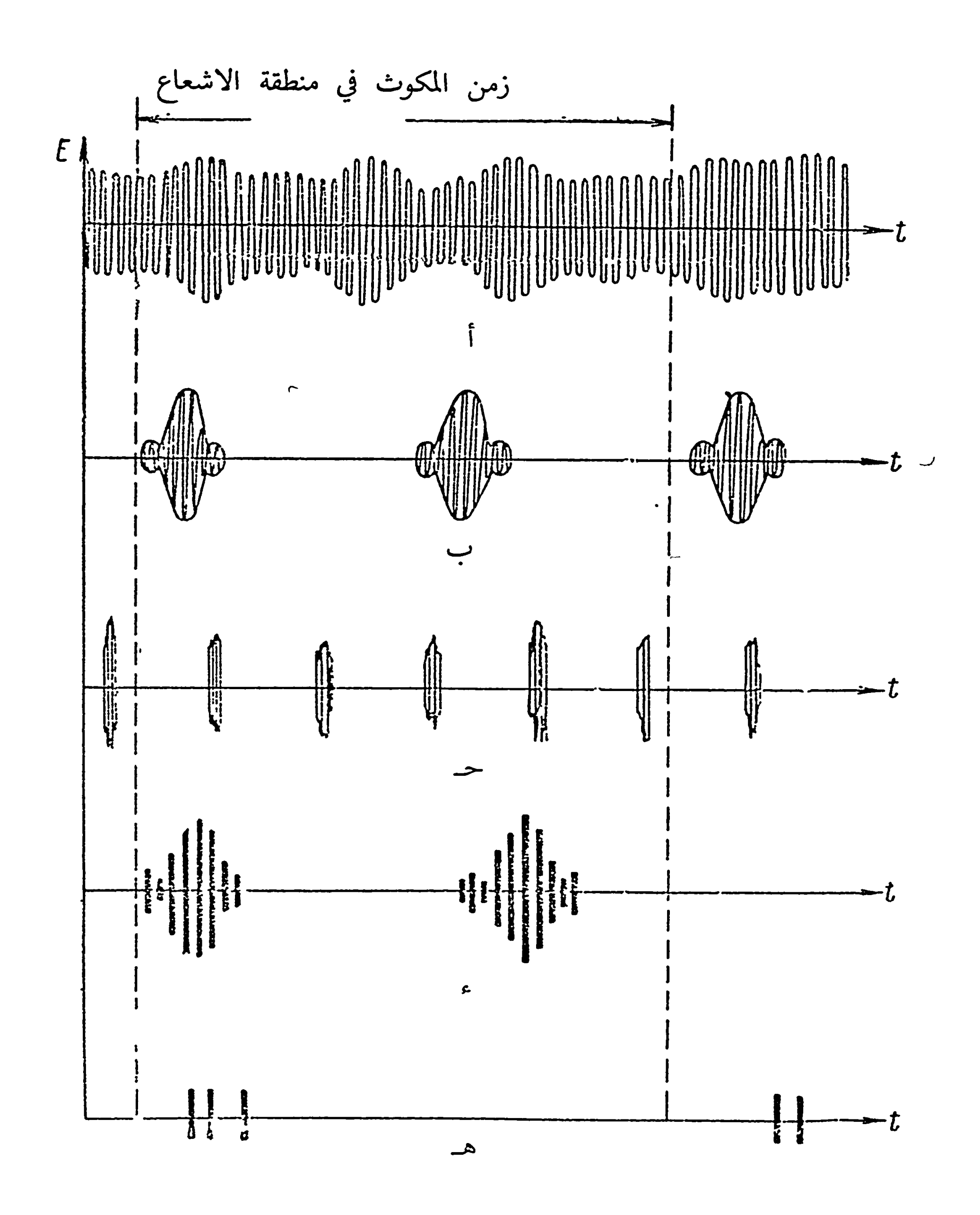
ـ مقاطع من الاشارات المستمرة (الشكل 13-1 ب) ، تشكل هذه الاشارات من قبل محطات الاتصال اللاسلكي القصيرة والقصيرة جداً أثناء الاستقبال اللاسلكي ، محطات الرادار ذات الاشعاع المستمر العاملة على نظام المراقبة .

ـ الاشارات الراديوية النبضية المتتابعة ، التي زمن بقاءها يتناسب قياسياً مع زمن وقوع مستقبل السطع في قطاع الاشعاع (13-1 حـ) ، تشكل مثل هذه الاشارات أثناء اشعاع محطة الرادار لهدف ملاحق ومحطات الرادار الملاحية النبضية بمختلف أنواعها .

ـ مجموعات اشارات راديوية نبضية متتابعة (الشكل 13-1 د) ، نحصل عليها من محطات الرادار العاملة على نظام المراقبة ومن محطات اللاسلكي المشفرة النبضية القيادية .

ـ الاشارات النبضية المنفردة ـ هي اشارات بعض محطات التوجيه والقيادة اللاسلكية (الشكل 13-1 هـ) ، التي يكون الزمن المحصور بين كل نبضتين قريباً من زمن مكوث مستقبل السطع في قطاع الاشعاع .

لا يعتبر التقسيم الوارد أعلاه للاشارات الراديوية دقيقاً جداً ، لأنه لا يأخذ بعين الاعتبار ظروف الاستقبال وقيمة الحساسية الكلية للمستقبل . فعندما تكون حساسية المستقبل ضعيفة ، يتم استقبال اشارة محطة رادار الكشف على شكل مجموعات من الاشارات النبضية المتتابعة . أما عندما تكون حساسية المستقبل عالية فعندها تكفي الوريقات الجانبية من المخطط الاشعاعي الاحداثي لكشف الاشارات ، ويمكن لهذه الاشارات أن تُستقبل كنبضات متتابعة . والأمر ذاته يحدث أثناء



الشكل (13-1)

أشكال الاشارات الراديوية المستطلعة .

ـ مستمرة ، ب ـ مقاطع من الاشارات المستمرة ، حـ ـ إشارات راديوية نبضية متتابعة ، ء ـ مجموعة نبضات متتابعة ، هـ ـ نبضات منفردة .

قياس المسافة بين المستقبل والمرسل المستطلع .

وعندما تكون تجهيزات السطع متحركة بالنسبة للأنظمة المستهدفة من قبل الاستطلاع فإن مواصفات الاشارات المسجلة (المرصودة) يمكن أن تختلف عن مواصفات الاهتزازات المرسلة .

يتم تمييز الاشارات وقياس مواصفاتها وتسجيل نتائج القياس ،بواسطة تجهيزات خاصة ويشكل المجموع التكاملي من الأجهزة ما يسمى بقنال الاستقبال ، ويمكن لتجهيز ما أن يشكل جزءاً في عدة أقنية .

بعد (أو أثناء) عملية فصل الاشارات ، يمكننا بواسطة جهاز عرض خاص أن نراقب درجة تشبع المجال المعطى بها وأهمية المواصفة المحددة (نظام العمل البانورامي) ، وقياس مواصفاتها ، وعندها ستصبح الاشارات مميزة حسب قيمة هذه المواصفة ، ويمكنها أن تخضع إلى تمييز حسب مواصفة أخرى أو أكثر أو أن تمر خلال أجهزة قياس عدة .

يستخدم النظام البانورامي بشكل واسع عندما يراد فصل الاشارات حسب التردد (البانوراما الترددية) واتجاه ورود الأمواج الراديوية . يقوم العامل بكشف الاشارات ويتابع مراقبتها ويمكن أن يقوم بهذا العمل تجهيزات خاصة .

يعتبر الكشف صدفياً ويتعلق بنسبة استطاعة الاشارة إلى التشويش .

تنحصر عملية قياس المواصفة في تحويل الاشارة بواسطة تجهيز خاص ، إلى ذلك الشكل الذي يسمح فيه معرفة قيمة هذه المواصفة من على مؤشر قياس خاص "(تدريج) . حيث من الممكن تحويل الاشارة إلى جهد (تيار) مستمر يتغير ببطء ، تتناسب قيمته مع قيمة معينة لهذه المواصفة .

أما المواصفات المقاسة ، انطلاقاً من شكلها المناسب ، لإجراء تحليل عام لها ، فتسجل بواسطة أجهزة خاصة . يمكن أن تخدم لهذا الغرض صمامات الاشعة المهبطية ، لمبات الاشارة تجهيزات التسجيل الاوتوماتيكية (فوتوغرافية ، مغناطيسية) وأجهزة الذاكرة في الحواسب الألكترونية .

رابعاً ـ فصل (تمييز) الاشارات .

حسب تتابع استقبال الاشارات ، يميزون طرقاً لفصل (تمييز) الاشارات هي : التمييز ، على التوازي (في الوقت نفسه) ، أو التمييز الصدفي (دون بحث) والتمييز المتتابع ، أو المقصود (بوجود بحث) .

عند استخدام طريقة التمييز (الفصل) على التوازي ، يستخدمون عدة أقنية استقبال منفردة لقياس المواصفة المطلوبة ، تستقبل كل قناة الاشارات الواردة من تجهيز راديوي معين . ولهذا يقسم المجال المعطى للقيم المحتملة للمواصفة إلى عدة قطاعات . ويجري في كل قطاع استقبال الاشارات بشكل منفصل عن عمل أقنية استقبال القطاعات الأخرى .

تقوم قنال استقبال واحدة بعملية الفصل (التمييز) المتتابع للاشارات . ويقوم هذا القنال باستقبال الاشارات ضمن قطاع غير كبير من المجال الكلي لتدريج المواصفة . ويمكن لوضع هذا القطاع أن يتغير ضمن مجال القيم المحتملة لهذه المواصفة . وعند ذلك يحدث ما يسمى بمسح للمجال وتستقبل فقط تلك الاشارات ، التي تتواجد في تلك اللحظة ، التي فيها يتطابق قطاع المراقبة مع قيمة هذه المواصفة .

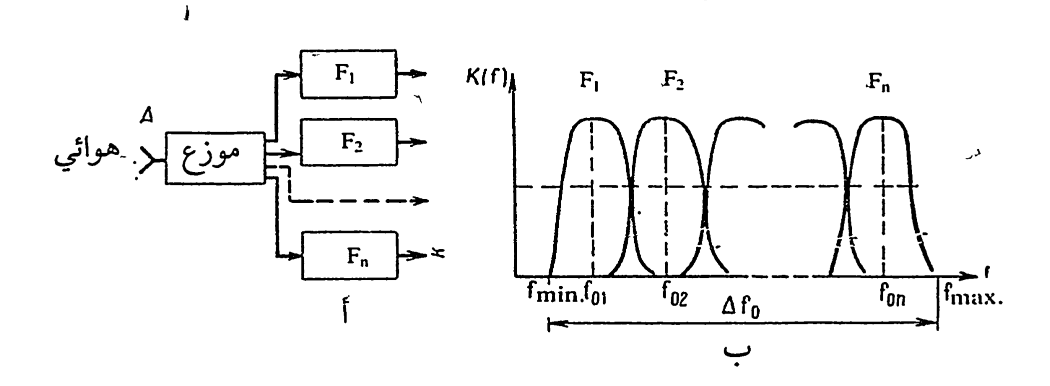
يمكننا استخدام كل أسلوب (طريقة) من أساليب فصل (تمييز) الاشارات السابقة الذكر في تمييز الاشارات حسب أي مواصفة كانت للاشارة . تستخدم الطريقتان السابقتي الذكر في تمييز الاشارات حسب أي مواصفة كانت للاشارة . تستخدم الطريقتان السابقتان بشكل واسع في تمييز الاشارات حسب الاتجاه إلى مصدر التشويش وحسب التردد الحامل للاشارات .

أما إذا أردنا تمييز الاشارات بالتردد أو باتجاه الاستقبال فيجب أن نلجأ عندها إلى استخدام تجهيزات الانتخاب . إذ حينما نريد تمييز الاشارات حسب التردد ، نستخدم قضبان الفلاتر ، الطنانات ودارات الاهتزاز . وإذا أردنا تمييز الاشارات فراغياً (اتجاه الورود) فنلجأ إلى الهوائيات الموجهة .

نستخدم علاقة استطاعة (جهد) اشارة الخرج بالتردد أو بالاتجاه كأهم مواصفة تمييز تجهيز الانتخاب بالجهد أو بالاتجاه . يعبر تطابق مواصفات الانتخاب بالتردد وبالاتجاه عن تطابق الدارات الاحداثية لتجهيزات تمييز الاشارات .

يوضح لنا الشكل (13–2 أ) المخطط الاحداثي لتجهيزات فصل الاشارات حسب التردد . يتم فصل الاشارات بواسطة الفلاتر F_1 F_2 ، . . F_n ، التي يعطى إليها خلال الموزع الاشارات المستقبلة من قبل الهوائي A . إن الفلاتر مولفة بذلك الشكل ، الذي تستطيع فيه تغطية كامل المجال الترددي Δf_p للاشارات التي تخضع لتعامل لاحق . أشير على الشكل (13–2 ب) خلال الرمز $K(f)$ إلى عامل تضخيم الأقنية على مختلف الترددات .

يمكننا فصل (تمييز) الاشارات فراغياً حسب المخطط ، الموضح على الشكل (13–3 أ). تتوضع الهوائيات الموجهة A_1 ، A_2 ، . . . ، A_n بذلك الشكل ، الذي تكون فيه مخططاتها الاشعاعية الاحداثية $g(\varphi)$ متداخلة (الشكل 13–3 ب) وكل واحدة منها تستطيع استقبال الاشارات الواردة



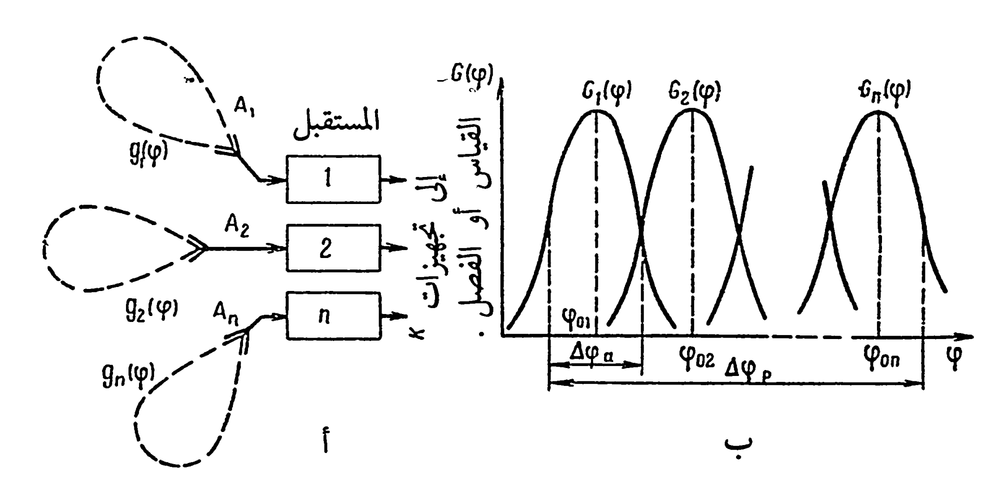
الشكل (13-2)

المخطط الاحداثي لتجهيزات الفصل بين الاشارات حسب تردداتها (أ) وحسب المواصفات المطالية الترددية لأقنية الاستقبال (ب) .

Δf_p عرض مجال الفصل (التمييز) ،

f_{max} ، $f_{min.}$ التردد الاعظمي والتردد الاصغري حسب التسلسل .

ضمن القطاع $\Delta\varphi$ ، الذي يعتبر جزء من قطاع السطع الكلي $\Delta\varphi_p$. تضخم الاشارات المستقبلة من قبل الهوائي بواسطة المستقبلات المناسبة 1 ، 2 ، . . . n ، وتعطى للتعامل اللاحق معها .



الشكل (13-3)

المخطط الاحداثي لدارة تجهيزات فصل الاشارات بالاتجاه (أ) والمخطط الاحداثي الاشعاعي للهوائيات $G_i(\varphi)$ (ب) .

تنحصر أهم ايجابيات هذه الطريقة ، في فصل الاشارات على التوازي ، في أن عرض الاشارات على خرج قنال الاستقبال مساوية لعرض الاشارات الواردة . وينتج لنا هذا الأمر ظروفاً مناسبة لاستقبال الاشارات دون ضياع ويقدم لنا زمناً أعظمياً للتعامل مع الاشارات أما عيب هذه الطريقة فينحصر في أنه يتوجب علينا استخدام عدد كبير من أقنية الاستقبال المنفصلة ، الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى زيادة حجم المنظومة .

يحتوي تجهيز الفصل المتتابع للاشارات عادة على عنصر انتخاب واحد ، الذي فيه يمكننا تغيير مواصفة التوليف ضمن المجال المعطى .

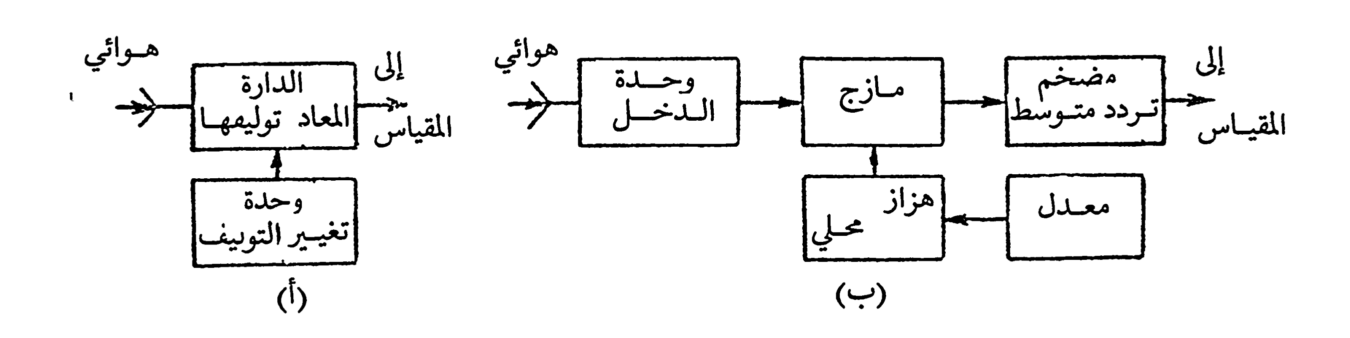
تعتبر دارة الدخل ، التي يتغير تردد توليفها حسب قانون معين ، عبارة عن عنصر الانتخاب لاحدى النماذج المحتملة للمخطط الاحداثي لتجهيزات فصل (تمييز) الاشارات بالتردد (الشكل 13-4أ) .

وفي نموذج آخر (الشكل 13-4 ب) ، استخدمت طريقة الاستقبال السوبرهيتروديني ذات الهزاز المحلي القابل للتوليف ومضخم التردد المتوسط ضيق المجال . يحدد تردد الاشارة المراد تمييزها كحاصل جمع قيمتي التردد المتوسط لتوليف فلتر مضخم التردد المتوسط وتردد الهزاز المحلي في لحظة دخول الاشارة إلى فلتر مضخم التردد المتوسط .

يوضح الشكل (13-5) المخطط الصندوقي لتجهيزات فصل (تمييز) الاشارات فراغياً (حسب اتجاه الورود) . يقوم الهوائي بعملية المراقبة المستمرة للفراغ . الذي يتغير وضع شعاعه عن طريق دوران الهوائي . تدخل الاشارات إلى المستقبل عندما يمر شعاع الهوائي خلال الاتجاه إلى مصدر الاشعاع . تتعلق أهم مؤشرات تجهيزات فصل (تمييز) الاشارات بنظام عملها . فإذا كانت هذه التجهيزات مخصصة لتمييز وفصل إشارة معينة بهدف قياس مواصفاتها ، عندها يصلون عنصر الانتخاب بذلك الشكل الذي يجري فيه استقبال مستمر للاشارات ، التي تمتلك مواصفات التمييز ، التي تهمنا . وبعد هذه المرحلة لا يختلف نظام عمل تجهيزات الفصل هذه عن العمل في تجهيزات الفصل (التمييز) المتوازي للاشارات .

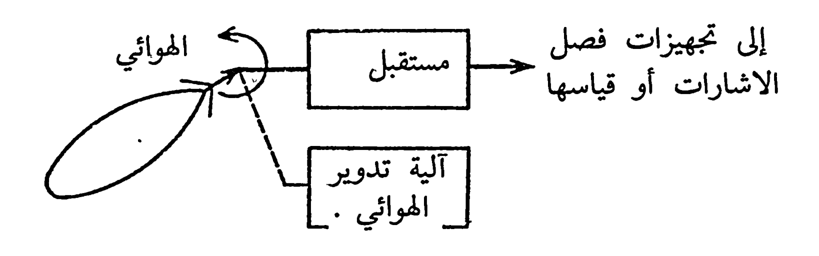
يتغير وضع شعاعه عن طريق دوران الهوائي . تدخل الاشارات إلى المستقبل ، عندما يمر شعاع الهوائي خلال الاتجاه إلى مصدر الاشعاع .

أما في النظام البانورامي فيتغير وضع عنصر الانتخاب بشكل دوري . وعندما يتم الفصل (التمييز) حسب التردد تستخدم طريقة سن المنشار أو الطريقة المثلثية لتغيير تردد التوليف . وتستخدم قوانين (طرق) لتغيير اتجاه الاستقبال مشابهة لما سبق ذكره أثناء تنفيذ عملية فصل (تمييز) الاشارات فراغياً . نحصل على قانون سن المنشار عندما تكون حركة شعاع الهوائي دائرية ، أما القانون المثلثي فنحصل عليه عندما تكون حركة شعاع الهوائي قطاعية . تؤدي عملية تغيير التوليف الدوري لخط



الشكل (13-4)

النماذج (أ ، ب) لمخطط صندوقي لتجهيزات فصل (تمييز) الاشارات بالتردد تسلسلياً .



الشكل (13-5)

المخطط الصندوقي لتجهيزات الفصل (التمييز) التسلسلي للاشارات حسب اتجاه الورود :

الاستقبال أو وضع شعاع الهوائي إلى أن تصبح إشارة خرج خط الاستقبال متعلقة بالمواصفات الزمنية للاشارات الواردة وكذلك بتلك التي تتعلق بطبيعة تغيير التوليف أو باتجاه الاستقبال زمنياً .

يقدم لنا المخطط الاحداثي الذي يوضح المواصفات الترددية والزمنية للاشارات وكذلك قانون تغيير وضع عنصر الانتخاب ضمن مجال القيم الممكنة للمواصفة ، تصورا واضحاً عن عملية الفصل

(التمييز) التي تتم في النظام البانورامي . يبين هذا المخطط أكثر المواصفات عمومية x (التردد أو الاتجاه) ، وهذا ما يوضحه الشكل (13-6ب) . رُمِزَ لمجال القيم الممكنة لـ x بالرمز Δxp . أما الخطوط المائلة المتوازية فتصور قانون تغير وضع عنصر الانتخاب بالزمن ، أما القطعة المستقيمة Δxo - فهي عرض مواصفة عنصر الانتخاب وعبر بالخطوط العريضة عن الاشارات : المستمرة ، التي توافق قيمة مواصفاتها الرمز x_1 ، القطع المستقيمة للاشارات المستمرة (المواصفة x_c) ، مجموعة النبضات (x) ، نبضات مستمرة متتابعة بالرمز x_4 ، نبضات منفردة x_5 . أما إلى الأعلى وعلى الشكل (13-6 أ) فتم توضيح المخطط الترددي - الزمني ، الذي يرينا أشكال إشارات الدخل Ui أما إلى الأسفل وعلى الشكل (13-6 حـ) فنرى هنالك أشكال الخرج Úi .

يتميز الاستقبال البانورامي ، كما يشير إلى ذلك تحليل المخططات البيانية ، بالمميزات التالية :

- تختلف الاشارات الموجودة على خرج تجهيزات الفصل (التمييز) بشكل واضح عن اشارات الدخل بالشكل وبالاستمرارية .
- عند إجراء عملية الفصل لاشارات مستمرة نحصل عند المخرج على سلسلة دورية من النبضات ، ترددها التكراري مساوياً للتردد الذي نغير به توليف عنصر القياس ،
- عند إجراء عملية الفصل لاشارات نبضية ، لا يمر جزء من الاشارات الواردة عبر قنال الفصل وتستطيع اشارات الخرج امتلاك عرض أصغر عما كانت عليه عند المدخل .

والمميزة الأخيرة يمكن أن تؤدي إلى عدم التمكن من استقبال الاشارة النبضية إلا أننا إذا استطعنا إنقاص زمن تغيير التوليف Tf وجعله أقل من عرض الاشارة τ_s فعندها سيتم استقبال أية إشارة (الشكل 13-6 ب ، x2)

تسمى عملية فصل الاشارات عندما يكون :

$$T_f < \tau_s \qquad (1\text{-}13)$$

بعملية الفصل (التمييز) السريعة . وايجابيات هذه الطريقة تنحصر في قصر الزمن اللازم للفصل (التمييز) وبالاستقبال الموثوق لمختلف أنواع الاشارات . إلا انَّ تطبيق هذه الطريقة من طرق الفصل بالتردد للاشارات النبضية القصيرة العرض ، يحتاج إلى أن يكون تغيير توليف عنصر الانتخاب الكترونياً سريعاً ، الأمر الذي يواجه صعوبات كبيرة في التطبيق العملي .

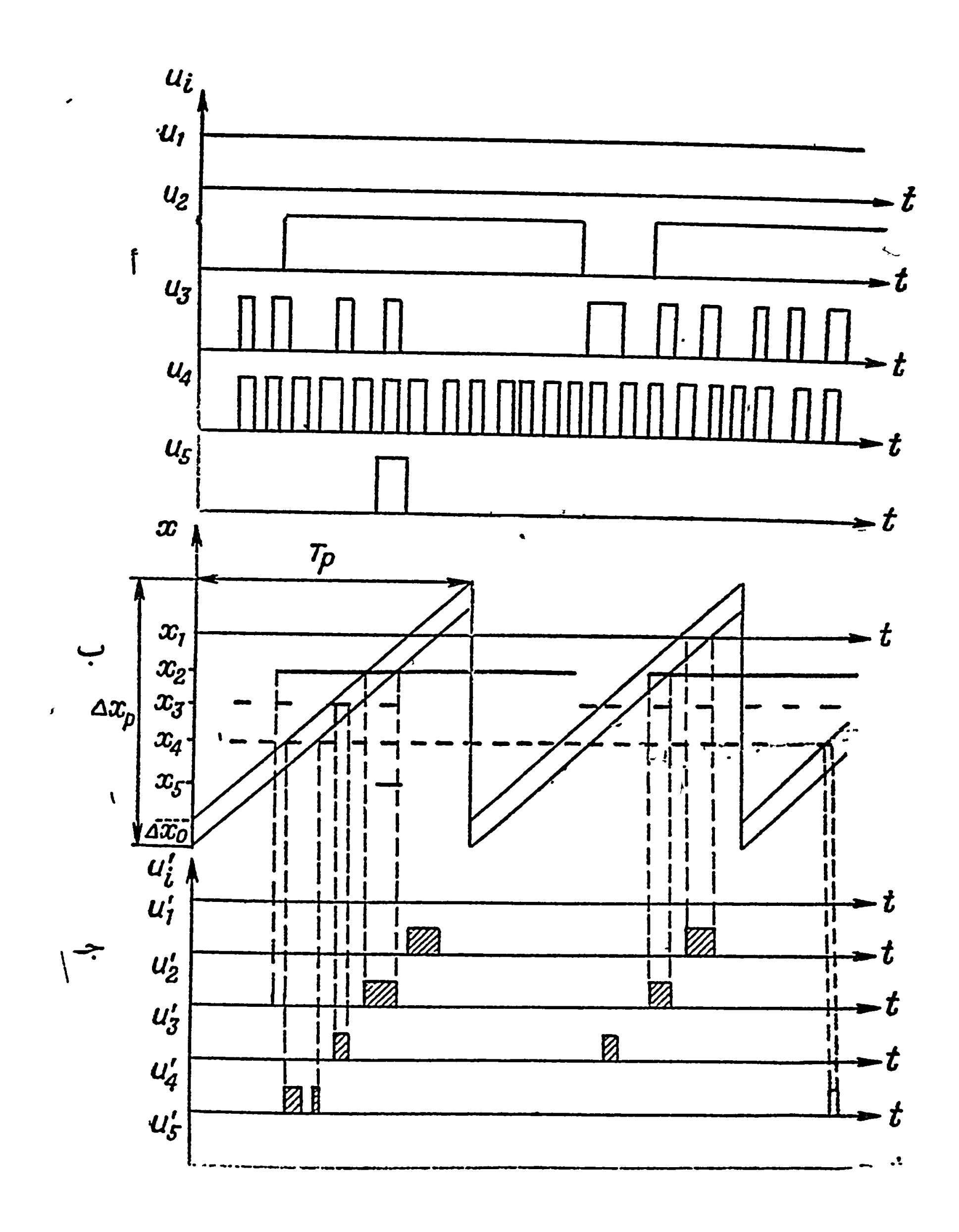
يمكننا فصل الاشارات ، التي هي عبارة عن سلسلة دورية من النبضات بذلك الشكل ، الذي نؤمن فيه إمكانية استقبال-حتى ولو نبضة واحدة خلال دورة واحدة من دورات تغيير التوليف . ولهذا تستخدم تلك السرعة بإعادة التوليف ، التي يكون فيها أكبر فاصل زمني بين النبضات (أو الدور T_p أثناء التسلسل الدوري) أقل من زمن «tn» إعادة التوليف ضمن المجال الامزاري ، أي :

$$T_P < t_n \qquad (2\text{-}13)$$

يوضح لنا الشكل (13–6) هذه الحالة على شكل إشارة بالرمز x_4.
بما أن $t_n \ll T_f$ فإن إعادة التوليف الطبيعي البطيء اثناء فصل الاشارات هو عمل مناسب عند سطع سلاسل نبضية في كل منها عدد كبير من النبضات.

أما عملياً ، فتتم إعادة التوليف على سرعة وسطى ، التي عندها يكون $\tau_s < T_f < T_p$ ومن أهم الأمور التي تميز مثل هذا النظام من العمل البانورامي للفصل هي الطبيعة الصدفية لاستقبال الاشارات النبضية ، والذي لا يشترط أن تكون توتراتها كبيرة ، بل يشترط أن لا يتطابق زمن مرور الاشارة مع زمن إعادة توليف التردد ضمن عرض المجال الامراري لعنصر الانتخاب .

تنحصر إيجابية الفصل التسلسلي للاشارات في تلك الامكانية ، التي تقدمها هذه الطريقة في الوصول إلى عامل امرار عال وتنفيذ النظام البانورامي . أما سلبياتها فتكمن في انه عند عدم تنفيذ الشروط (13–1) و(13–2) تبقى إمكانية استقبال الإشارات إمكانية صدفية ومن المحتمل جداً أن لا تتم .



الشكل (13-6)

المخطط البياني لعملية فصل الاشارات في النظام البانورامي .

خامساً ـ قياس التردد الحامل للاشارات .

يمكننا قياس التردد الحامل بطريقتين :

ترتكز الطريقة الأولى على استخدام تجهيزات الفصل المتوازي والفصل المتتابع (التسلسلي للاشارات حسب التردد) .

أما أثناء تطبيق الطريقة الثانية المسماة بالاحداثية أو التفريقية ، لا يتم فصل (تمييز) الاشارات بالتردد ، لكننا نحصل على الاشارة المفيدة بواسطة تجهيزات خاصة .

يسمح لنا استخدام طريقة فصل الاشارات المتوازية تحديد ترددات عدد من الاشارات التي ترد في الوقت نفسه . أما المخطط الصندوقي للقياس المتوازي للتردد فيحتوي على دارة لفصل الاشارات حسب تردداتها (الشكل 13–2 أ) . وعندما نلجأ إلى المسح البصري للمعلومات نستخدم ، كجهاز تسجيل ، لوحة من لمبات البيان ، توصل كل منها بإحدى أقنية الاستقبال . يُنتَج مشكل الاشارة المفيدة جهداً يؤمن إضاءة لمبة البيان المناسبة خلال الزمن اللازم لتسجيل المعطيات . كل لمبة بيان توافق تردداً معيناً مساوياً للتردد الأوسط لتوليف الفلتر .

يعطى الخطأ الأعظمي لقياس التردد في هذه الحالة بالمعادلة التالية :

$$\delta_f = \pm \frac{\Delta f\phi}{2} ;$$

حيث هنا Δf_ϕ ـ المجال الامراري لفلتر جهاز الفصل .

وإذا احتجنا إلى إجراء سطع خلال المجال الترددي Δf_p بخطأ أعظمي مسموح به δf_D ، فعندها نحتاج إلى عدد من الأقنية يعطى بالمعادلة :

$$N_k = \frac{\Delta f_p}{2\delta_{f.D.}} ; \qquad (3\text{-}13)$$

أما المجال الامراري لتردد كل قنال فهو : $\Delta f\phi = 2.\delta_{f.D.}$

وعادة يطلبون من هذه المنظومات أن يعطى خطأ القياس النسبي بالمعادلة التالية :

$$d_f = d_f / f_s$$

حيث هنا f_s ـ التردد الأوسط لتوليف الفلتر .

عندها يصبح عدد الأقنية :

$$N_k \approx \frac{\lg\left(1+\frac{\Delta f_p}{f_H}\right)}{\lg\left(\frac{1+d_f}{1-d_f}\right)} \qquad (4\text{-}14)$$

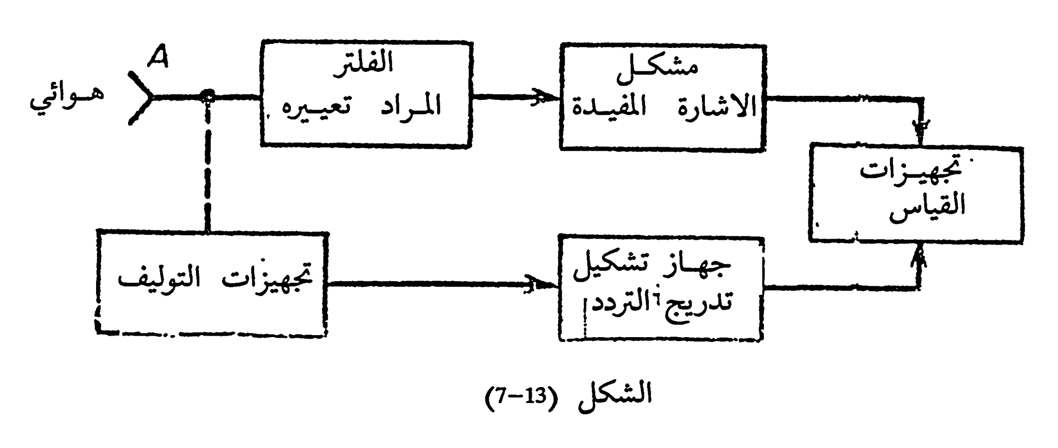
حيث هنا f_H - الحد الترددي الأسفل للمجال المستطلع .

يعتمد القياس التسلسلي لتردد الاشارات الحامل على استخدام تجهيزات الفصل التسلسلي للاشارات بالتردد (الشكل 13-7) . تعطى الاشارات المستقبلة من قبل الهوائي إلى الفلتر المعاد توليفه مع تجهيزات إعادة التوليف . وينتج عن مشكل الاشارة المفيدة إشارة نستطيع بواسطتها حساب التردد . وتتعلق تجهيزات تشكيل تدريج التردد بشكل جهاز التسجيل . وعندما تكون عملية إعادة التوليف يدوية ، يكون تجهيز التسجيل عبارة عن تدريج ميكانيكي اعتيادي ، يتصل بقبضة التوليف . أما عندما يكون التوليف كهروميكانيكياً أو الكترونياً فيشكل التدريج جهداً متغيراً على شكل سن المنشار ، يقوم بتحريك الشعاع الألكتروني على طول التدريج ، الظاهر على الشاشة . وإذا كان المسح أوتوماتيكياً ، فعندها يمكن للتدريج أن يشكل سلسلة من النبضات ، كل منها يوافق لحظة توليف على تردد معين .

وعند ذلك يصبح خطأ القياس العملي للتردد مساوياً إلى نصف المجال الامراري لتجهيزات الانتخاب ، أي :

$$\delta_f = \pm \frac{1}{2} \Delta f_\phi$$

أما دقة القياس فترتفع عندما نستخدم طريقة الاستقبال السوبرهيترودينية .



الشكل (13-7)

المخطط الصندوقي لتجهيزات القياس المتسلسل للتردد .

يمكن تحقيق الطريقة الاحداثية (التفريقية) لقياس التردد باستخدام المفرقات الترددية وبالتحويل المتعدد المراحل للتردد .

وكمثال على القياس الذي يستخدم المفرق الترددي لسطع الاشارات في المجال السنتيمتري للأمواج ، تستخدم التجهيزات التي تعتمد على مبدأ تداخل الأمواج ، المارة خلال طرق مختلفة ، وأهم عنصر في هذه التجهيزات (الشكل 13-8) هو كابل التردد العالي المتشعب ذي الفروع المختلفة الطول ($L_2 \neq L_1$) . تمر الاشارات الراديوية الواردة إلى الهوائي عبر طرق مختلفة وعلى المقطع ، الذي فيه تجتمع سوية ، يجري تداخل الأمواج ، التي تمتلك أطواراً مختلفة . وإذا كانت الاهتزازات في المقطع BB تمتلك الشكل الآتي :

$$e = E_o . \sin wt$$

فعندها نحصل في المقطع CC على مجموعة اهتزازات : احداها تمر خلال الطريق L_1 .

$$e_1 = E_1 . \sin \left[w \left(t + \frac{L_1}{V_\phi'} \right) \right];$$

والأخرى تمر خلال الطريق L_2 .

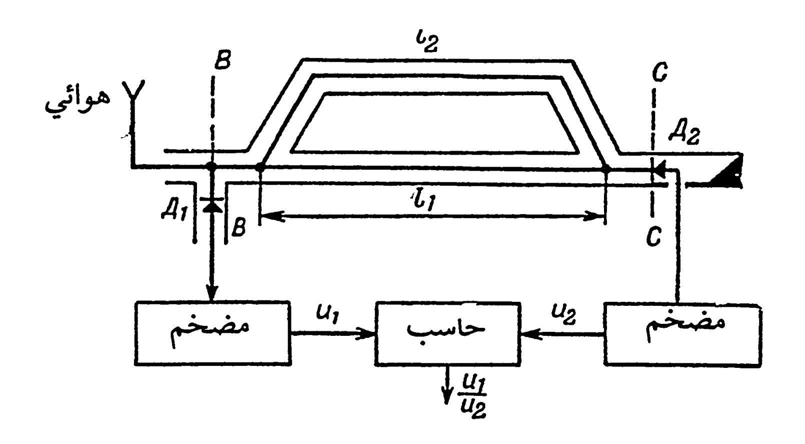
$$e_2 = E_2 . \sin \left[w \left(t + \frac{L_1 + \triangle L}{V_\phi} \right) \right];$$

حيث هنا E_0 ، E_1 ، وE_2 ـ مطالات توتر الحقل الكهربائي ، وهنا $E_2 \approx E_1$ و$aE_0 = E_1$

$\triangle L = L_2 - L_1$ ـ الفرق بين أطوال الطرق .

$V\phi$ ـ السرعة الطورية لانتشار الاهتزازات خلال الكابل .

a ـ عامل التناسب .



الشكل (13–8)

مخطط القياس التفريقي للتردد .

تمتلك الاهتزازات الناتجة في المقطع CC الشكل الآتي :

$$e_p \approx E_1 . \cos\left(\frac{\Delta L}{2V_\phi} W\right). \sin \left(wt + \frac{\Delta L}{2V_\phi} W + \frac{L_1}{V_\phi} W\right) \qquad (5\text{-}13)$$

من المعادلة (13–5) نستطيع القول أن المطال :

$$E_p = 2E_1 . \cos\left(\frac{\Delta L}{2V\phi} . W\right); \qquad (6\text{-}13).$$

والطور الابتدائي

$$\psi_p = \left(\frac{\Delta L}{2V\phi} + \frac{L_1}{V\phi}\right)\omega$$

وهما عبارة عن جوهر التابع ω .

ومبدأياً يمكن استخدام علاقة المطال والطور بالتردد . يوضح لنا الشكل (13–8) دارة قياس التردد بالمطال . ومن المعادلة (13–6) ينتج أن مطال الاشارة التي نحصل عليها من الكاشف D_2 ، يتعلق بالمطال E_0 لاشارة الدخل (في المقطع BB) . ولكي نتجنب هذه العلاقة نستخدم الكاشف

D_1 ، الذي نحصل من مخرجه على إشارة تتعلق قيمتها بـ E_0 أيضاً . يؤمن الحاسب ، الذي تعطى إليه اشارات الكواشف بعد تضخيمها اصدار جهد يتناسب مع العلاقة :

$$\frac{E_p}{E_o} = a.\ \cos\left(\frac{\Delta L}{2V\phi}\ .\ \omega\right) \qquad (7\text{-}13)$$

التي تتعلق فقط بقيمة متغيرة واحدة هي $\omega=2\pi f$.

يحتاج التوصل إلى نتيجة هذا الحساب إلى تشكيل تدريج «تمام التجيب» أو استخدام الحاسب .

إن العلاقة (7–13) هي علاقة صحيحة ضمن المجال الترددي المحدد بالعلاقة الآتية :

$$2\pi.\ \frac{V\phi}{\Delta L}\ .\ 2K \leqslant \omega \leqslant 2\pi\ \frac{V\phi}{\Delta L}\ (2K+1);$$

حيث هنا K ـ عدد صحيح ما .

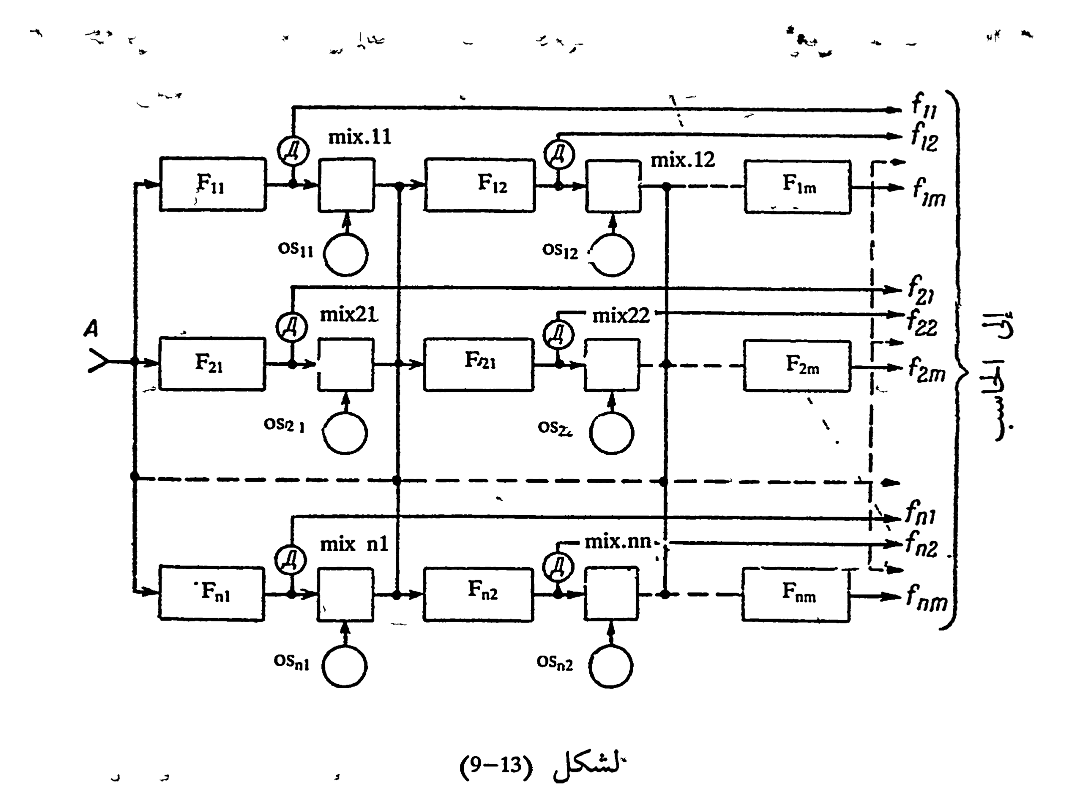
يمكن لهذه الدارة عندما تتميز بقدرة العمل السريعة أن تقيس التردد فقط ، أثناء ورود اشارة واحدة إلى المدخل ، ولا يمكنها ذلك عند ورود اشارتين في الوقت نفسه .

وكمثال على استخدام الطريقة الاحداثية (التفريقية) ذات التحويل المتدرج للتردد ، ما هو موضح على الشكل (9–13) . تتألف هذه الدارة من m مسطرة متصلة على التوازي عن طريق فلاتر ، عددها في كل مسطرة هو n .

تولف الفلاتر في كل مسطرة بذلك الشكل ، الذي فيه تستطيع تغطية مجال ترددي معين . وفلاتر المسطرة الأولى هي F_{11} ، F_{21} ، . . . ، F_{n1} ، وكل فلتر فيها يمتلك مجال الامرار Δf_1 ، وهذه الفلاتر مجتمعة تستطيع تغطية كامل مجال السطع الترددي Δf_p . أما فلاتر المسطرة الثانية فهي F_{12} ، F_{22} ، . . . ، F_{n2} ، والمجال الامراري لكل فلتر هو Δf_2 ، ويغطي مجال عرضه يساوي عرض المجال الامراري لفلتر واحد من المسطرة الأولى الخ .

ونتيجة لذلك تتحقق العلاقات التالية :

$$\Delta f_p = n.\Delta f_1;\ \Delta f_1 = n.\Delta f_2;\ \ldots\Delta f_{m-1} = n.\Delta f_m$$



الشكل (9−13)

المخطط الصندوقي لتجهيزات قياس التردد ذي المراحل المتعددة لتحويل التردد .

تتصل فلاتر مختلف المساطر بعضها بالبعض الآخر بواسطة المازجات mix.11 ، mix12 ، . . . ، mix.nm−1 ، مشكلة معها المساطر . يعطى إلى المازجات بالاضافة إلى الاشارات ، الاهتزازات الصادرة عن الهزازات المحلية OS_{11} ، OS_{12} ، . . . . ، OS_{nm-1} ـ يتم اختيار ترددات الاهتزازات في كل مسطرة بذلك الشكل الذي فيه نحصل على الترددات المتوسطة ، الواقعة على نفس المجال الترددي ، الذي يساوي المجال الامراري لفلتر واحد من هذه المسطرة . ونتيجة للتحويلات المتوافقة للاهتزازات المارة خلال فلاتر مسطرة واحدة ، نحصل على النقل المتتابع لمواقع الاشارات : من المجال Δf_p إلى المجال $\Delta f_1 = \Delta f p / n$ ، من المجال Δf_1 إلى المجال $\Delta f_2 = \Delta f_1 / n$ الخ . ونحصل على هذا الأمر باستخدامنا لعدد من الفلاتر يساوي $N\phi = n\,m$ ولعدد من الهزازات المحلية $N_{os} = n\,(m-1)$

ولمعرفة قيمة التردد ، تعطى إشارة خرج كل فلتر إلى الكاشف D وبعدها إلى حاسب خاص . إن تدريج الترددات هو عبارة عن مخارج الكواشف ، وكل منها مصممة لكي تناسب التردد الأوسط لتوليف الفلتر المتصلة معه .

يحدد تردد الاشارة بالمعادلة التالية :

$$f_{meas.} = f_H + (i-1)\frac{\Delta f_p}{n} + (k-1)\frac{\Delta f_p}{n^2} + \dots + (Z-1)\frac{\Delta f_p}{n^m} + \frac{\Delta f_p}{2n^m};$$

حيث هنا : i ، K ، . . . ، Z ـ أرقام الفلاتر الموافقة للمساطر M–1 ، M–2 ، . . . ، m–M ، التي مرت خلالها الاشارة ،

f_H ـ العتبة السفلى للمجال الترددي للسطع .

على الرغم من أن مثل هذه الدارة تحتوي على $N_F=nm$ فلتر ، إلا أنها تعادل بدقة قياس التردد تلك التجهيزات المستخدمة في طريقة الفصل المتوازي للاشارات ذات عدد من الفلاتر هو $N_{Fo}=n^m$ ، وإن المجال الامراري لكل فلتر يساوي المجال الامراري (Δfm) لفلاتر المسطرة الأخيرة . ويكون مقدار الربح في عدد الفلاتر مساوياً لـ :

$$q = \frac{N_{FO}}{N_F} = \frac{1}{m}\left(\frac{\Delta f_p}{\Delta f_m}\right)^{\frac{m-1}{m}} \qquad (8\text{-}13)$$

على سبيل المثال ، عندما يكون $\Delta f_p/\Delta f_m=100$ وعدد المساطر هو $m=3$ نحصل على $q\approx V$ ، أي أنه من أجل المستقبل ذي المراحل المتتابعة لتحويل التردد نحتاج إلى فلاتر أقل بـ 7 مرات من تلك التي يجب استخدامها للمستقبل ذي الفصل المتوازي للاشارات ، الذي يؤمن نفس دقة القياس . ويكون الخطأ الأعظمي لقياس التردد مساوياً لنصف المجال الامراري لفلاتر المسطرة الأخيرة ، أي :

$$\delta_f = \pm \frac{1}{2} \cdot \Delta f_m$$

إن استخدام مثل هذه التجهيزات مفيد أثناء سطع الاشارات النبضية ، عندما يكون احتمال الورود المتوازي لعدة اشارات صغيراً . وهذا متعلق بأنه ، في حالة الورود المتوازي للاشارات ، يحدث خرق للحساب البسيط للتردد .

سادساً ـ قياس الاتجاه إلى مصدر الاشعاع .

يمكن قياس الاتجاه إلى مصدر التشويش بطريقتين :
- باستخدام تجهيزات فصل الاشارات بالاتجاه (الطريقة الانتخابية) ،
- استقبال اشارات إحدى الوسائط الرادارية في نقطتين من الفضاء ومقارنة الاشارات المستقبلة (الطريقة الاحداثية) .

يمكننا أثناء تطبيق الطريقة الانتخابية استخدام طريقتي الفصل المتوازي والمتسلسل للاشارات ، وحسب أسلوب قياس الاتجاه إلى مصدر الاشعاع يمكننا أن نسمي هذه الطريقة بالطريقة المتوازية والأخرى بالمتسلسلة .

ينحصر مبدا طريقة القياس المتوازي للاتجاه إلى عدة مصادر اشعاع في استقبال الاشارات الواردة من كل قطاع فضائي من قبل هوائي خاص وبعد التعامل معها تعطى إلى جهاز العرض المناسب ، الذي يشير إلى وجود مصدر اشعاع في القطاع المعني .

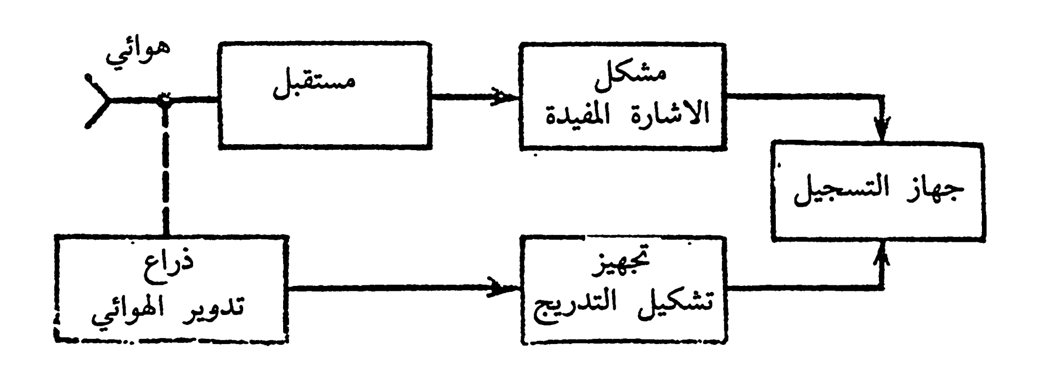
يمكن استخدام لمبة البيان كجهاز عرض . فعندما تضيء هذه اللمبة ، يعني هذا أن الاشارة وردت من الاتجاه الموافق لمنصف القطاع ، الذي تنتمي إليه هذه اللمبة . أما خطأ القياس في هذه الطريقة فيعطى بالمعادلة :

$$\delta_{\varphi} = \pm \frac{1}{2} \Delta\varphi_{o};$$

حيث هنا $\Delta\varphi_{o}$ - عرض قطاع استقبال القنال المعنية .

يؤمن استقبال الاشارات الراديوية خلال مجال عريض للترددات الممكنة بتوفر عدد من الهوائيات في كل قنال ، تعمل على التوازي ومستقبل كاشف . ويمثل هذه الدارة يمكننا استقبال اشارات جميع الوسائط ، العاملة في مجال الأمواج المعطى والتحديد التقريبي لاتجاه الوسائط العاملة . وعيب هذه الطريقة ينحصر في قلة دقة قياس الاتجاه وغياب المعلومات عن عدد الوسائط التي تعمل في الوقت نفسه في القطاع المعني ، لأن القدرة الامرارية لهذه الدارة صغيرة جداً وتساوي عرض المخطط الاشعاعي للهوائي . وعندما نستخدم عدداً كافياً من أقنية الاستقبال ذات الهوائيات ، التي تتميز بمخططات اشعاع ضيقة جداً ، نحصل عندها على دقة عالية ومقدرة امرارية أعلى .

تعتمد طريقة القياس المتتابع (التسلسلي) للاتجاه إلى مصدر الاشعاع الراديوي على استخدام تجهيزات فصل متسلسلة بالاتجاه . يجري عندها تحديد الاتجاه حسب الكثافة الأعظمية للاشارة المستقبلة (طريقة الاشارة الأعظمية) .



الشكل (13–10)

المخطط الصندوقي لتجهيزات القياس المتسلسل للاتجاه .

يوضح لنا الشكل (13–10) المخطط الصندوقي لهذه التجهيزات . فعند دوران الهوائي ذي المخطط الاشعاعي الضيق العرض تكون الاشارات التي تمتلك كثافة أعظمية (عندما يكون توتر الاشعاع متساوياً) هي تلك ، التي يقع مصدر اشعاعها على اتجاه الاستقبال الأعظمي فقط . إذ يكون توزع كثافة الاشارة المستطلعة ، حسب شكل المخطط الاشعاعي الاحداثي للهوائي ، مرتبطاً بآلية تدوير الهوائي وبتجهيزات تشكل التدريج : فإذا استخدمنا راسم الأشعة المهبطية كجهاز عرض (مبين) ، ألذي يعبر فيه عن تدريج الاتجاهات بخط لمعان ذي مسح خطي ، عندها تنتج تجهيزات تشكيل التدريج جهداً على شكل سن المنشار . أما إذا استخدمنا خط اللمعان ذي المسح الدائري فيتشكل لدينا جهدان جيبيان لهما نفس المطال إلا أنهما منحرفان بالطور بمقدار 90درجة .

وعند المسح الأوتوماتيكي للمعطيات ، يكون جهد التدريج معبراً عن التتابع النبضي التي تكون الفواصل الزمنية بينها تعبر عن زاوية معينة لدوران الهوائي .

أما خطأ قياس الاتجاه في هذه الطريقة فيصل إلى %(10–20) من عرض المخطط الاشعاعي الاحداثي للهوائي . إلى جانب ذلك ، تكون الأخطاء الممكنة في قياس الاتجاه بطريقة الاشارات الأعظمية متعلقة بتغير كثافة (توتر) الاشارات أو بطبيعة تقطعها . في هذه الحالة ، يمكن للاشارة الظاهرة على مخرج تجهيزات الاستقبال أن لا تصل إلى توترها الأعظمي في لحظة عبور النقطة الأعظمية

من المخطط الاشعاعي الاحداثي للهوائي الاتجاه إلى مصدر الاشعاع . أما الاخطاء الحاصلة نتيجة سطع الاشارات ذات النبضات المتقطعة فتعطى بالمعادلة :

$$\delta_{\varphi} = \pm \frac{1}{2} \Delta\varphi_0$$

حيث هنا $\Delta\varphi_0$ ـ عرض المخطط الاشعاعي الاحداثي للهوائي .

لهذا وبهدف زيادة الدقة ، يسعون إلى تضييق عرض المخطط الاشعاعي الاحداثي للهوائي .

تنحصر إيجابيات مثل هذه الطريقة في إمكانية الحصول على دقة قياس عالية أثناء المسح الدائري باستخدام مسطرة استقبال واحدة . أما عيوبها فتنحصر في أنه يمكن أن تمر عدة اشارات نبضية دون تسجيل . لهذا تقدم لنا النتائج المثلى لهذه الطريقة أثناء سطع الاشارات المستمرة أو مجموعة الاشارات النبضية المتتبعة الاستمرار .

تعتمد الطريقة الاحداثية للتسديد (تحديد الاتجاه) على استخدام هوائيين أو أكثر تؤمن استقبال الاشارات في قطاع واحد . يحدد الاتجاه إلى مصدر الاشعاع بمقارنة مطالات وأطوار الاشارات ، المستقبلة في جميع الهوائيات والواردة من مصدر واحد .

عند العمل على طريقة مقارنة المطالات ، نستخدم هوائيين ، لهما نفس المخطط الاحداثي الاشعاعي ، ويركب هذان الهوائيان بذلك الشكل ، الذي فيه تكون القيم الأعظمية لاستقبالها مزاحة احداهما عن الأخرى بزاوية ψ ، ويجب أن يعطيان قطاع محدد $\Delta\varphi_p$ (انظر الشكل 13–11) ، الذي يتم فيه التسديد .

ويمكن التعبير عن المخطط الاشعاعي الاحداثي لأحد الهوائيات بالمعادلة التالية :

$$g_1(\varphi) = e^{-\left(\frac{\varphi-\varphi_1}{\beta^2}\right)^2}$$

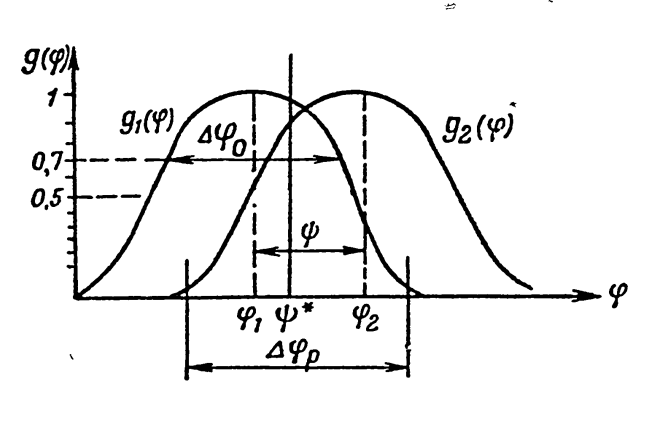
حيث هنا : B ـ ثابت ما ، يتعلق بعرض المخطط الاحداثي الاشعاعي ،

φ_1 ـ اتجاه الاستقبال الأعظمي ، محسوب من اتجاه أولي معطى .

أما المخطط الاشعاعي للهوائي الآخر فيعطى بالمعادلة التالية :

$$g_2(\varphi) = e^{-\frac{(\varphi-\varphi_1)^2}{\beta^2}} = e^{-\frac{\psi^2}{\beta^2}-\frac{(\varphi-\varphi_1)^2}{\beta_2}} \cdot e^{\frac{\psi}{\beta^2}(\varphi-\varphi_1)} = C.g_1(\varphi).\ e^{\frac{2\psi}{\beta^2}(\varphi-\varphi_1)}$$

حيث هنا $C = e^{\frac{\psi^2}{\beta^2}}$ ـ عدد ثابت



الشكل (13–11)

تموضع المخططات الاشعاعية الاحداثية أثناء قياس الاتجاه بطريقة مقارنة مطالات الاشارات .

تكون الاشارات ، المستقبلة من الاتجاه ψ^* ، على خرج تجهيزات الاستقبال ، متناسبة مع قيم المخططات الاشعاعية الاحداثية الموافقة لها . لهذا تكون العلاقة بينهما :

$$\frac{U_2}{U_1} = C\ \frac{g_1(\psi^*).e^{\frac{2\varphi}{\beta^2}(\psi^*-\varphi)}}{g_1(\psi^*)} = C.e^{\frac{2\varphi}{\beta^2}(\psi^*-\varphi_1)}$$

ومن هنا نحصل على :

$$\psi^* = \frac{\beta^2}{2\psi} . \ln \frac{U_2}{U_1} + \frac{\varphi}{2} + \varphi_1 \qquad (9\text{-}13)$$

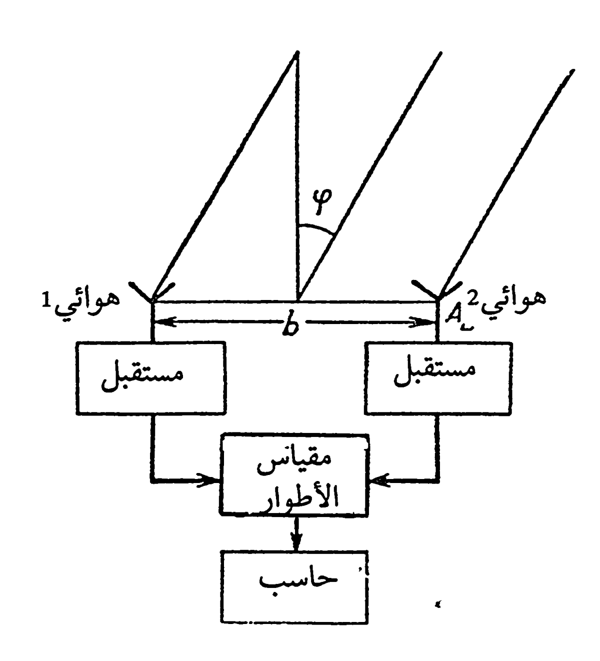
أي أنه عندما تكون القيم β ، ψ ، φ_1 معروفة ، تعتبر القيمة ψ^* عبارة عن تابع للعلاقة بين مطالات الاشارات ، الظاهرة على مخارج المستقبلات .

تحل المعادلة (13–9) بواسطة تجهيزات مقارنة المطالات ، التي يمكنها أن تكون على شكل حاسوب يعمل بشكل مستمر . وفي حالة استقبال اشارات مستمرة أو مجموعات متتابعة من النبضات يمكننا استخدام صمام أشعة مهبطية خاص . إن دقة القياس بهذه الطريقة أعلى مما هي عليه في الطريقة الانتخابية . أما مثلب الطريقة الاحداثية فينحصر في أنها لا تستخدم إلا في حالة الورود المتوازي للنبضات من مصدرين للاشعاع الراديوي وهذا الاحتمال ضعيفاً .

إن طريقة مقارنة الأطوار لتحديد الاتجاه إلى مصدر الاشعاع مؤسسة على أن الهوائيات المفردة

والمنحنيات المطالية المتطابقة في الفراغ ، تبعد احداهما عن الأخرى مسافة $b=A_1A_2$ (الشكل 13-12) . ونتيجة للاهتزازات الكهرطيسية ، المستقبلة من الاتجاه المحدد بالزاوية المحسوبة اعتباراً من الخط العامودي على القطعة المستقيمة A_1A_2، تقطع مسافات مختلفة الفرق بينها هو :

$$2D = b.\sin\varphi$$



الشكل (13-12)

المخطط الصندوقي لدارة تجهيزات تحديد الاتجاه بطريقة مقارنة أطوار الاشارات ، المستقبلة على مختلف الأقنية .

عندها يكون فرق الأطوار بين الاهتزازات العالية التردد :

$$\Delta\mathscr{E} = 2\pi \frac{2D}{\lambda} = 2\pi \frac{b}{\lambda} . \sin\varphi \qquad (10\text{-}13)$$

ومن هنا :

$$\varphi = \text{arc. } \sin \left(\frac{\lambda}{2\pi.b} . \Delta\mathscr{E}\right) \qquad (11\text{-}13)$$

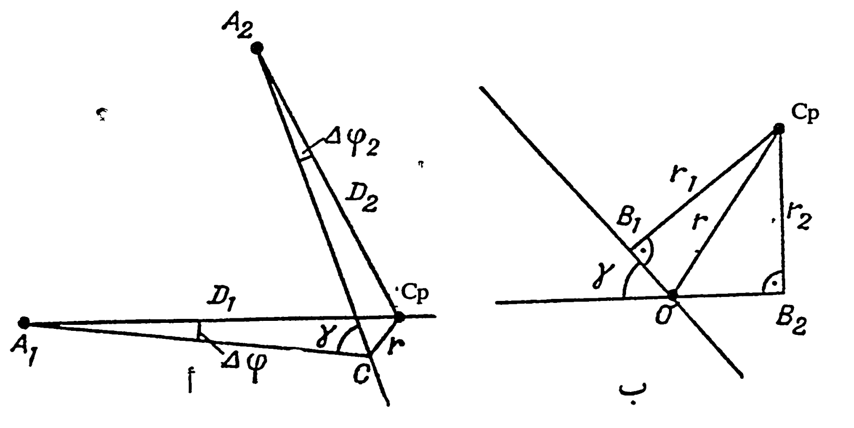
أي أننا نملك علاقة بسيطة ذات مدلول واحد بين φ و$\Delta\varepsilon$.

ترتبط قيمة الخطأ في قياس الاتجاه بالخطأ الحاصل في قياس فرق الأطوار ، الذي يحدد بالمعادلة التالية :

$$\delta = \frac{\lambda}{2\pi.b.\sqrt{1-\frac{\lambda}{2\pi b}.\Delta\mathscr{E}}}.\delta_{\mathscr{E}} \qquad (12\text{-}13)$$

من المعادلة (13–12) يمكننا أن نستنتج أن خطأ القياس يكون أصغر كلما ازدادت المسافة بين هوائيات الاستقبال . تمتلك المقاييس المتوفرة لقياس فرق الأطوار ، عندما يكون طول الموجة λ معروفاً ، دقة في تحديد الاتجاه قدرها $\delta\varphi = (0{,}5\div0{,}3)°$.

ولتنفيذ هذه الطريقة (الشكل 13–12) نحتاج إلى استخدام قنالي استقبال متماثلتين ، اللتان فيهما يجب على مقياس الأطوار والحاسوب أن يحققآن المعادلة (13–11) يمكننا تجنب عدم التماثل في القياس أثناء استقبال الاشارات على الاتجاه المرآتي بالنسبة للخط A_1A_2 ، باستخدام هوائيات موجهة . يسمح لنا قياس الاتجاه إلى مصدر الاشعاع تحديد موقعه . وأثناء سطع المواقع الأرضية يستخدمون عادة ما يسمى بالطريقة التسديدية ، المؤسسة على تحديد الاتجاهات الى مصدر التشويش من نقطتين أو أكثر التي تكون مواقعها معروفة مسبقاً . يمكننا قياس الاتجاه إلى مصدر التشويش بواسطة هوائي متحرك يمتلك مخطط اشعاع احداثي ضيق أو بواسطة منظومة هوائيات ثابتة ، التي اتجاه محورها يميل بزاوية محددة ما عن المحور الطولي للطائرة . في الحالة الأولى ، يمكننا قياس الاتجاه أثناء طيران الطائرة ذات اتجاه الطيران الثابت أو المتغير ، وفي الحالة الثانية ، يجب تغيير اتجاه المسير بين كل قياسين . يوضح لنا الشكل (13–13) الحالة العامة ـ قياس الاتجاهات من نقاط معروفة A_1 وA_2 . وتحدد نقطة تقاطع الخطوط A_1C وA_2C بالنقطة C ، التي هي عبارة عن الموقع المحدد لواسطة الاشعاع الراديوي .



الشكل (13–13) تحديد موقع مصدر الاشعاع بطريقة التسديد .

ونتيجة للأخطاء الناتجة عن تحديد الاتجاهات إلى موقع مصدر الاشعاع ، يجب التفريق بين (النقطة 2) والنقطة الحقيقية (C_p) . ويمكننا التعبير عن الخطأ الحاصل في تحديد الموقع ($r=SSP$) عن طريق الأخطاء في تحديد الاتجاهات ($\Delta\varphi$ و$\Delta\varphi_2$) .

إذا افترضنا أن زاوية خطوط التقاطع γ معروفة ، نحصل من $\Delta\ C_p B_1 O$, $\Delta\ C_p B_2 O$ (الشكل 13–13 ب) على :

$$r = \frac{\sqrt{r_1^2+r_2^2-2r_1r_2.\cos\gamma}}{\sin\gamma} \qquad (13\text{-}13)$$

وإذا أخذنا بعين الاعتبار أن $r_1= D_1\Delta\varphi$ و$r_2 = D_2.\Delta\varphi_2$ حيث D_1 وD_2 ـ هي المسافات من نقاط القياس A_1 وA_2 حتى موقع معين ، وأن الأخطاء $\Delta\varphi$ و$\Delta\varphi_2$ غير معروفة ، نحصل على المعادلة التالية لتحديد الخطأ التربيعي المتوسط في تحديد المكان :

$$\mathfrak{S}_r = \frac{0{,}017.\mathfrak{S}_\varphi \sqrt{D_1^2+D_2^2}}{\sin\gamma}\ ; \qquad (14\text{-}13)$$

حيث هنا $\sigma\varphi$ ـ الخطأ التربيعي المتوسط لتحديد الاتجاه بالدرجات .

إذا تم قياس الاتجاه أثناء حركة الطائرة باتجاه واحد عندها تكون $\gamma=\varphi_1-\varphi_2$.

ويمكن أن نعبر عن المسافات D_1 وD_2 خلال الطريق L ، الذي قطعته الطائرة بين القياسين :

$$D_1 = L\ \frac{\sin\varphi_2}{\sin(\varphi_2-\varphi_1)} \qquad (15\text{-}13)$$

$$D_2 = L\ \frac{\sin\varphi_1}{\sin(\varphi_2-\varphi_1)} \qquad (16\text{-}13)$$

سابعاً ـ قياس مواصفات التعديل .

أثناء إجراء السطع الراديوي ، يقيسون ، بشكل رئيسي ، المؤشرات الزمنية لتعديل الاشارات النبضية والمستمرة . وفيما يخص الاشارات النبضية يقيسون عرض هذه الاشارات وتردداتها التكرارية قبل كل شيء . فإذا كانت الاشارات النبضية المباشرة معدلة مطالياً الأمر الذي يلاحظ في طريقة المسح المخروطي لشعاع محطة الرادار ، يلجؤون إلى قياس تردد مسح الشعاع . وللاشارات المستمرة عادة ما يتم تحديد تردد الاهتزازات المعدلة بالتردد . يُسهل تحديد هذه المواصفات عملية معرفة نوع الواسطة المستطلعة .

تحديد عرض النبضات :

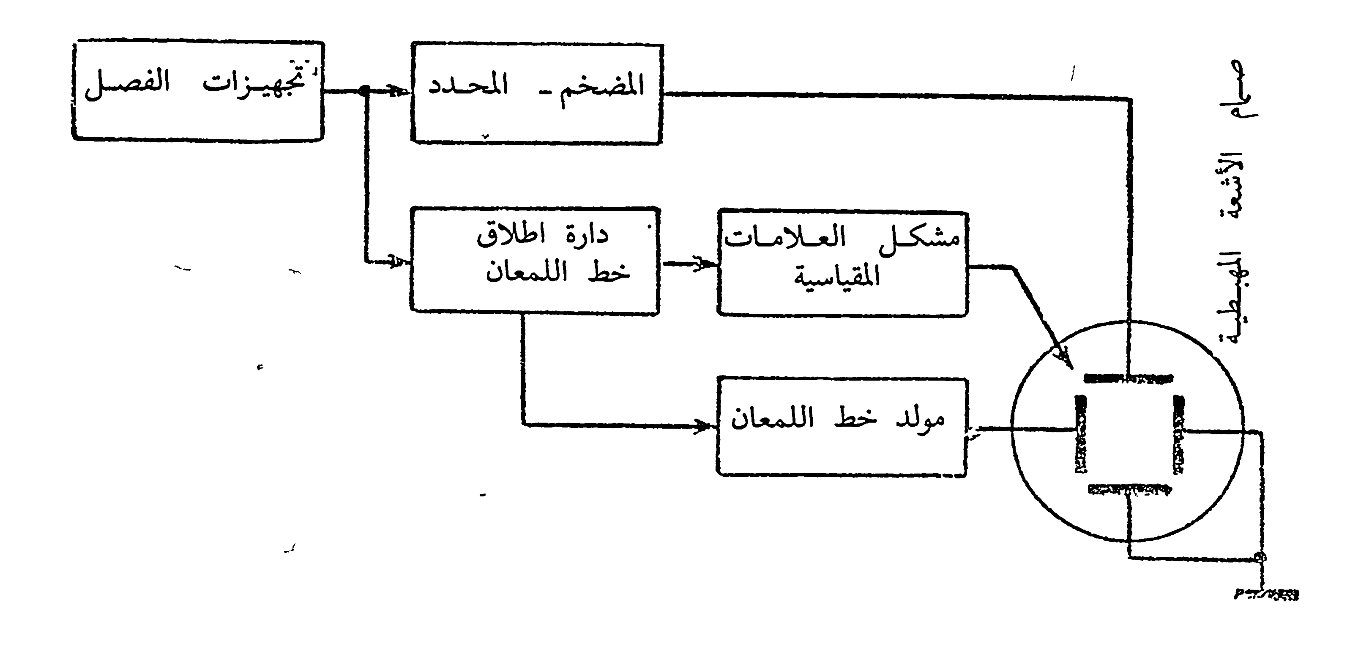
أثناء المسح البصري والفوتوغرافي للمعلومات ، يقيسون عرض نبضات الاشارات المعدلة بواسطة راسمات الاهتزازات المهبطية . ولهذا يستخدمون راسمات اهتزاز مهبطي خاصة ذات خط لمعان انتظاري (متحفز) ، أي تلك الراسمات التي يطلق فيها خط اللمعان للمسح بواسطة الاشارة المستقبلة . هنالك بعض الصعوبات ، التي تحدث عندما يكون التردد التكراري للنبضات قليلاً وشدة إضاءتها على صمام الأشعة المهبطية لا تكفي لتسجيل المعلومات .

يوضح لنا الشكل (13–14) المخطط الصندوقي لدارة قياس عرض النبضات . تعطى النبضات المرئية من تجهيزات الفصل إلى المضخم ـ المحدد وإلى دارة إطلاق خط اللمعان . يؤمن لنا المضخم ـ المحدد قياس عرض النبضات ذات التوترات المختلفة على مستوى واحد ، تعطى النبضات من مخرج المضخم ـ المحدد إلى صفائح الانحراف العمودية لصمام الأشعة المهبطية . تؤمن دارة إطلاق خط اللمعان تزامناً بين إطلاق خط اللمعان وورود النبضات إلى صفائح الانحراف العمودي . ينتج مولد خط اللمعان جهداً ، يؤمن إزاحة شعاع صمام الأشعة المهبطية . وفي الوقت نفسه يبدا تشكيل العلامات المقياسية ، التي هي عبارة عن تدريج ألكتروني . وحسب عدد العلامات المقياسية الواقعة ضمن صورة النبضة ، يحدد عرضها .

يمكن مبدئياً استخدام مثل هذه الطريقة للمسح الأوتوماتيكي للمعطيات عن عرض النبضات ، عندما يستخدمون كتجهيزات ذاكرة العداد المزدوج ، الذي يطلق للعد في لحظة وجود الاشارة فقط ويقوم بتسجيل عدد النبضات المقاسة ، الواردة إلى العداد خلال زمن تأثير النبضة .

قياس التردد التكراري للنبضات .

إن أبسط طريقة لقياس التردد التكراري للنبضات ، هي طريقة الاهتزاز المهبطي لقياس جهد شحن المكثف في الزمن الواقع بين الاشارات . تختلف هذه الطريقة عن تلك المستخدمة في قياس عرض النبضات بطول خط اللمعان فقط ، الذي يُختار بذلك الشكل الذي فيه تدخل نبضتان على الأقل خلال زمن انزياح الشعاع على كامل طوله .



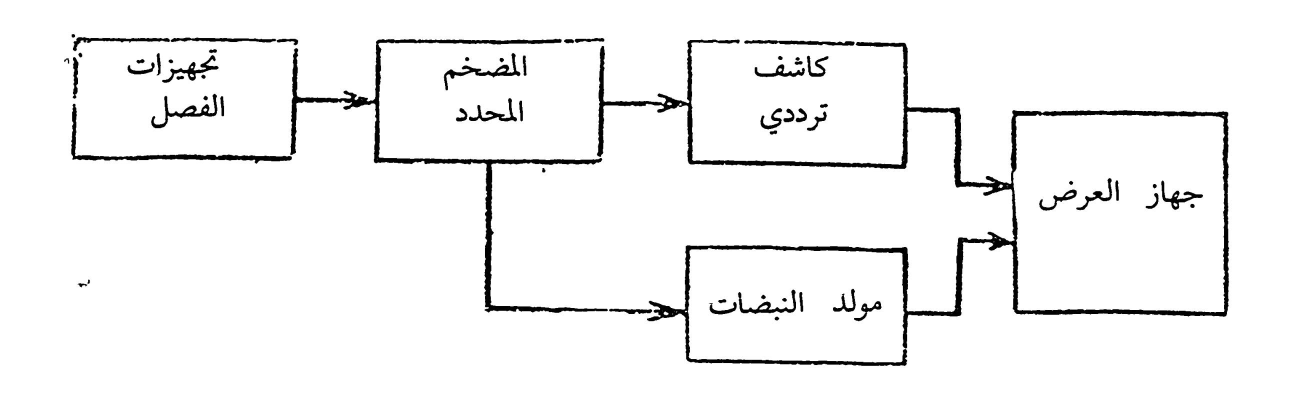
الشكل (13–14)

دارة التجهيزات ذات خط اللمعان الانتظاري (المتحفز) لقياس عرض النبضات .

تسمح لنا هذه الطريقة تحديد الاستراحات بين النبضات ، الواردة دورياً أو بشكل عشوائي .

يمكننا قياس تردد اهتزازات تعديل الاشارات المعدلة ترددياً بواسطة الدارة الموضحة على الشكل (13–15) . يولف المضخم ـ المحدد ، الذي ترد إليه الاشارة من تجهيزات الفصل ، عادة ، على تردد معين ويؤمن التوتر المستمر للاشارة على مخرج الكاشف الترددي . ونتيجة للكشف نحصل من خرج الكاشف على جهد الاهتزازات المعدلة ، يعطى إلى جهاز العرض ، الذي تصل إليه أيضاً النبضات المقياسية من مولد نبضات القياس . يحدد دور الاهتزازات حسب عدد العلامات المقياسية .

يجري باستمرار تطوير لطرق قياس المواصفات الرئيسية للاشارات الراديوية .



الشكل (13-15)

المخطط الصندوقي لتجهيزات قياس تردد الاهتزازات المعدلة أثناء التعديل الترددي .

ثامنا - تجهيزات التسجيل :

يجب أن تكون المعلومات المحصول عليها نتيجة لاستقبال اشارات الوسائط الراديوية المستطلعة والتعامل معها ، على ذلك الشكل الذي فيه يسهل تحليلها ، أما نتائج السطع فيجب أن تكون قابلة للتسجيل الوثائقي . وفي هذا الجزء الأخير من عملية السطع ، تستخدم تجهيزات التسجيل . وأهم المتطلبات الواجب توفرها في هذه التجهيزات هي :

- يجب أن تكون قادرة على تسجيل أية نتيجة للقياس وعند ذلك يجب أن تكون حساسة لتسجيل عدد من القيم الناتجة عن القياس ،
- يجب أن تؤمن طريقة حساب مريحة ودقيقة لقيم المواصفة المقصودة . وانطلاقاً من الزمن اللازم للحصول على المعطيات ، يمكن تقسيم تجهيزات التسجيل إلى الصنوف التالية :

- تجهيزات تتميز بزمن تسجيل صغير ، يتم فيها مسح مباشر للمعلومات أثناء تنفيذ السطع ،
- تجهيزات تتميز بزمن تسجيل كبير ، تحتاج إلى تعامل إضافي مع المعلومات الناتجة ، يسمون الصنف الأول من التجهيزات عادة بأجهزة العرض ، لأنه بواسطة هذه الأجهزة يتم المسح البصري للمعطيات . ولهذا الصنف من التجهيزات تنتمي أجهزة العرض ذات راسمات الاهتزاز المهبطية ، واللوحات المشكلة من لمبات بيان . ومستقبلاً يمكن أن تناط هذه المهام إلى الحواسب الرقمية الالكترونية .

يسجل الصنف الثاني من تسجيلات التسجيل المعلومات الناتجة على مواد خاصة ، تتمتع بإمكانية خزنها لفترات طويلة ، إلا أنها تحتاج لتعامل لاحق معها خلال زمن محدد (يكون طويلاً في بعض الأحيان) . تستخدم في هذا الاطار المسجلات المغناطيسية والفوتوغرافية بشكل واسع .
يحدد استخدام هذا الصنف أو ذاك من تجهيزات البيان (التسجيل) بالمتطلبات المحددة من هذه التجهيزات ومن محطة السطع بشكل عام .
لاقت تجهيزات البيان ، المعتمدة على صمامات الأشعة المهبطية استخداماً واسعاً . وكان هذا نابعاً من إيجابياتها التالية :

- تعتبر صمامات الأشعة المهبطية أجهزة ذات عطالة منخفضة ، قادرة على التحسس بالمؤثرات ذات الزمن القصير ،
- عند الضرورة ، يؤمن صمام الأشعة المهبطية استمراراً طويلاً للبيان ما بعد التاثير نتيجة لما تتمتع به من عامل بقاء العلامة الألكترونية بعد الاشعاع ،
- يسمح صمام الأشعة المهبطية بتنفيذ المسح البصَري للمعلومات على التوازي مع تسجيل الصورة على فلم فوتوغرافي ،
- تؤمن المطابقة المناسبة للاشارة مع تدريج القياس ،
- نستطيع بواسطة صمام الأشعة المهبطية إعطاء المعلومات عن عدة مواصفات في الوقت نفسه (التردد ، عرض النبضات وتردداتها التكرارية) .

تستخدم صمامات الأشعة المهبطية فقط ؛ في تلك المنظومة ، التي تستخدم الفصل (التمييز) المتسلسل للاشارات . ولهذا وبهدف عرض الاشارات المقاسة ، الواردة خلال عدد كبير من الأقنية المستقلة ، يستخدمون لوحات ذات أجهزة بسيطة للانارة الغازية (لمبات نيونية ، تيراترونات ذات مهابط باردة) ، توصل على مخرج كل قنال . يكتبون على اللوحة ومقابل كل لمبة اشارات تدل على قيمة التردد ، المولف عليه القنال الموافق ، أو رقم هذا القنال . إن لمبات البيان عبارة عن أحمال على تجهيزات الخرج ، تستطيع نقل قيم عرض الاشارات أو زيادة زمن الإضاءة بالمقارنة مع عرض الاشارات ، الأمر المريح للمراقبة وللتسجيل .تنحصر مثالب أجهزة العرض (البيان) هذه في أنها

تستطيع الدلالة على وجود تلك الاشارات الواقعة ضمن المجال الامراري للتردد أو ضمن قطاع محدد من الفضاء فقط .

ينفذ التسجيل الفوتوغرافي عادة بواسطة كمرات تصوير خاصة ويمكن استخدامها في أنظمة فصل الاشارات على التوازي وفي تلك التي تعمل على التسلسل . وعند الفصل المتوازي للاشارات تسجل الأخيرة على فلم فوتوغرافي بواسطة لمبات نيونية ، موصولة على خرج كل قنال استقبال . وخلال زمن اصدار الاشارات من قنال الاستقبال تسجل ومضات اللمبات على فلم فوتوغرافي يتحرك باستمرار على شكل شرطات مختلفة الطول .

وبهدف تسجيل المعلومات فوتوغرافياً تجهز شاشة راسم الاهتزاز المهبطي للمحطة المستطلعة بتجهيزات خاصة بالتصوير والتحميض المتوازي للفلم خلال دقيقة واحدة .

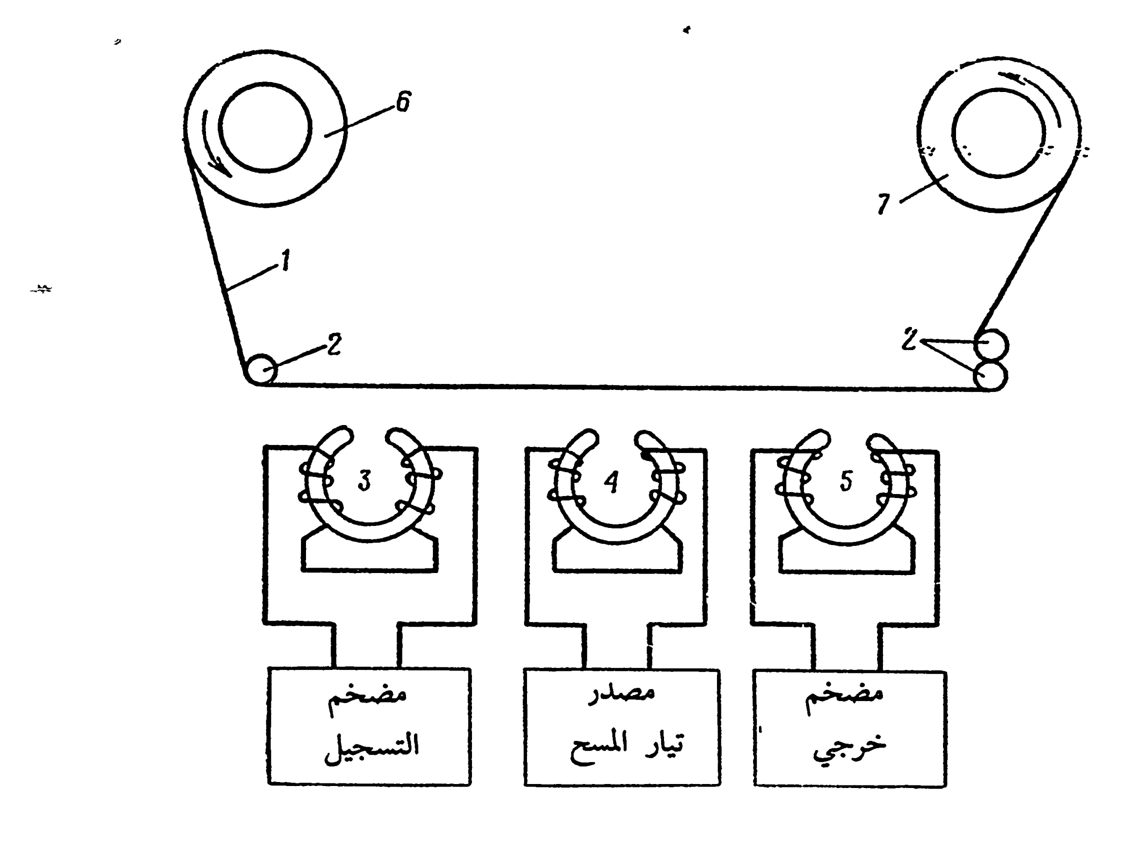
يتمتع فلم التصوير بقدرة تسجيلية عالية ويسمح بتسجيل الوقائع السريعة نسبياً . إلى جانب ذلك ، يتم خلال عملية حل شيفرة المعلومات بعد إظهارها مراقبة طبيعية تغير المواصفات المسجلة .

ينحصر المثلب الجدي للتسجيل الفوتوغرافي في حاجته إلى زمن محدد لاظهار الأفلام ولفك شيفرة المعلومات لاحقاً بواسطة الخبراء .

أما التسجيل المغناطيسي ونظراً لتحديثه عن طريق زيادة عرض المجال الامراري فيُستخدم ليس فقط لتسجيل الارسالات اللاسلكية الملتقطة ، بل لسطع الوسائط الراديوية الأخرى .

يبين لنا الشكل (13–16) المخطط المبسط لتجهيزات التسجيل المغناطيسي . وأهم عناصر هذا التسجيل هي ـ شريط التسجيل وآلية لف الشريط النابضية المؤلفة من البكرتين المتناظرتين 6 ، 7 والعجلات 2 . يقوم رأس التسجيل 3 بمهمة التسجيل على الشريط المغناطيسي . وهو عبارة عن عنصر مغنطة كهربائية ، تتغذى ملفاته من مضخم تيار التسجيل الذي يؤمن تضخيماً للاشارات ، الخاضعة للتسجيل . يتحرك الشريط المغناطيسي قريباً جداً من ثقب الرأس .

تنحصر عملية التسجيل في أن جزيئات مادة الفيريت المحمولة مع اللاصق على سطح الشريط ، تتمغنط حسب قانون تغير الحقل المغناطيسي في ثقب الرأس ، ويتغير هذا الحقل المغناطيسي حسب طبيعة تغير الاشارة . تحافظ طبيعة المغنطة عملياً على نفسها لزمن غير محدود . أما تبيين المعلومات المسجلة فيتم بواسطة رأس الخرج 5 . ويصلون وشيعة راس الخرج بمضخم البيان (الخرج) . تنحصر عملية استخراج المعلومات من الشريط المغناطيسي في أنه أثناء حركة الشريط ، يتغير التيار المغناطيسي ، في صليب الثقب ، حسب قانون الاشارات المسجلة ويولد في وشيعة الرأس قوة كهربائية متحركة ، يعبر تغير طبيعتها عن الاشارات المسجلة . تؤثر هذه القوة الكهربائية المتحركة على مضخم الخرج ، الذي يعطي المعلومات بدوره إلى الهواتف ، السماعات أو إلى راسم الاهتزاز المهبطي .



الشكل (13-16)

المخطط المبَسط للتسجيل المغناطيسي .

1- الشريط المغناطيسي ، 2- العجلات ، 3- رأس التسجيل ، 4- رأس المسح ، 5- رأس الخرج ، 7,6- الملفات .

يمكن استخدام شريط التسجيل المغناطيسي أكثر من مرة واحدة . ولهذا ليس هنالك حاجة لمسح المعلومات بواسطة رأس المسح 4 ، الذي تتغذى وشيعته الكهربائية من مولد تيار التردد العالي للمسح .

لا يحتاج الشريط المغناطيسي إلى تعامل كيميائي لاحق وهو ملائم جداً لتسجيل إرسالات العدو اللاسلكية . وعند استخدامه في منظومة السطع نحتاج إلى تجهيزات خاصة لفك الشيفرة . ومن محاسن التسجيل المغناطيسي ، التي جعلت استخدامه يعم بشكل واسع ، هي القدرة على التعامل اللاحق مع المعلومات بواسطة الحواسب الرقمية الألكترونية .

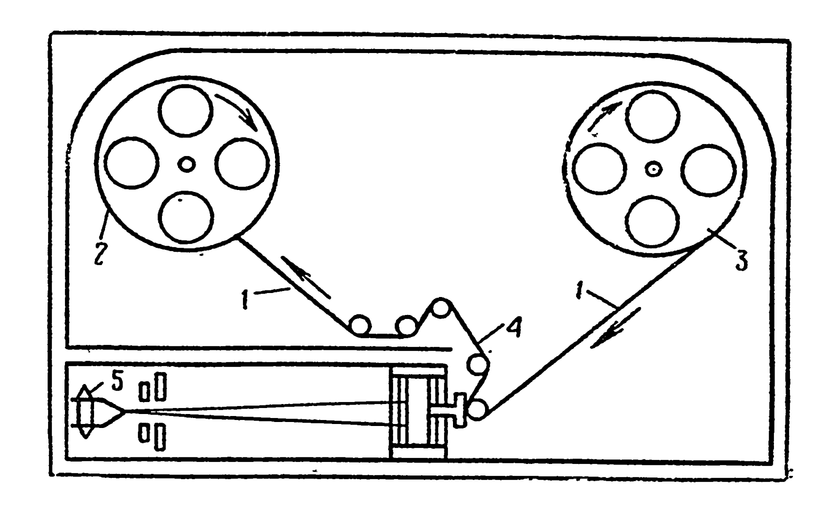
ومن الطرق المستقبلية لتسجيل المعلومات ، ندرس طريقة التسجيل الحراري للاشارات الكهربائية . تسجل الاشارات بواسطة الشعاع الألكتروني على فلم شفاف مصهور قليلاً (أسطوانة

حرارية) سماكتها لا تتجاوز الـ 12 ميكرون ، يحمل الفلم على مسند مرن مقاوم للحرارة مشابه للفلم السينمائي . نحصل من جراء تاثير الشعاع الألكتروني على فرق كموني بين الفلم والمسند ، يؤدي إلى تغيير في شكل الأسطوانة الحرارية يعبر عن نفسه بقنوات ، يحدد عمقها بقيمة الفرق الكموني ، والأخير يتعلق بتوتر الشعاع الألكتروني . تخرق هذه القنوات التماثل الضوئي للفلم على الأسطوانة الحرارية ، لهذا يكون المسح البصري للمعلومات ممكناً بواسطة نظام ضوئي خاص . تستمر عملية التسجيل وإنهاء الحفر على الأسطوانة مدة لا تتجاوز الـ 0,01 ثانية .

تحمل المعلومات على الفلم نتيجة لانحرافه بالنسبة للشعاع والمسح الذي يقوم به بالاتجاه المتعامد مع اتجاه حركة الفلم . يمكننا مسح التسجيل الحراري من على الاسطوانة واستخدام الأخيرة عدداً من المرات .

إن القدرة السماحية للتسجيل كبيرة جداً : إذ يمكننا تسجيل 6 ملايين علامة على سطح من الفلم لا تتجاوز مساحته الـ 1 ، سم². وهذا يزيد 100 مرة تقريباً على قدرة التسجيل المغناطيسي ، لأن عرض مجال الترددات المسجلة أكبر بعشر مرات ، مما هو عليه في التسجيل المغناطيسي ، أي أن القدرة السماحية تقارن بتلك التي تتميز بها طريقة التسجيل الفوتوغرافي .

يوضح الشكل (13–17) دارة جهاز التسجيل الحراري الأسطواني . يدخل في تركيب هذا الجهاز آلية لف الشريط ، المؤلفة من البكرتين 2 و3 والعجلات والمسخن عالي التردد وهو على شكل العجلة 4 والبرجكتور الألكتروني 5 ، الذي يشكل الشعاع الألكتروني الذي تتعلق قيمة تياره



الشكل (13–17)

دارة جهاز التسجيل الحراري الاسطواني .

1 ـ الشريط الحراري الاسطواني ، 2 ، 3 ـ البكرات ، 4 ـ العجلات ، 5 ـ برجكتور الكتروني .

بالاشارات ، الخاضعة للتسجيل . تتموضع جميع عناصر الجهاز في هيكل زجاجي نحافظ فيه على ضغط يساوي 10 مم عمود زئبقي بواسطة منفاخ خاص . لا تزيد أبعاد هذا الجهاز ووزنه عما هو عليه الحال في منظومة التسجيل المغناطيسي .

يمكن استخدام التسجيل الحراري الاسطواني لتسجيل الاشارات المحصاة ، الناتجة أثناء الفصل (التمييز) التسلسلي للاشارات .

تجدر الاشارة هنا إلى أن جميع وسائط التسجيل تحتاج إلى زمن إضافي للحصول على المعلومات على شكل رقمي ، وذلك الشكل الملائم لاستخدامها في أجهزة الأركان . ويمكننا تخفيض هذا الزمن باستخدام الحواسب الرقمية الألكترونية المخصصة ، التي تعطي إليها المعلومات إما بشكل مباشر من تجهيزات القياس (أو الحواسب المركبة على الطائرة ذات منظومة السطع) ، أو بطريقة الارسال الأولي للمعلومات إلى الأرض بواسطة خطوط راديوية ذات التحكم عن بعد .

تاسعاً ـ مدى السطع الراديوي .

تستقبل الاشارات الصادرة عن الوسائط اللاسلكية الفنية ضمن قطاع ، تتحدد أبعاده بمدى عمل محطة السطع . والمدى هنا هو عبارة عن المسافة ، التي ضمن حدودها يتأمن استقبال وتحليل الاشارات الصادرة عن الموقع المستطلع ومدى العمل عبارة عن مؤشر تكتيكي هام لمحطة السطع .

بما أن مدى العمل يحدد بالمسافة بين نقطتي الارسال والاستقبال ، فهو إلى درجة كبيرة يتعلق باستطاعة الاشارة الواردة إلى مدخل المستقبل ، لأن هذه الاستطاعة لا يمكن أن تكون أصغر من الحساسية الفعلية لمستقبل السطع . تتعلق قيمة الاستطاعة عند مدخل المستقبل بعدة عوامل ، تنتمي إليها : المؤشرات الفنية لمحطة السطع ، المواصفات الطاقية لتجهيزات ارسال الموقع المستطلع ، ظروف انتشار الأمواج الكهرطيسية والظروف الخاصة بعملية السطع (التموضع النسبي بين الوسائط المستطلعة ووسائط السطع) .

يمكننا أن نأخذ جميع هذه المؤشرات بنظر الاعتبار أثناء حساب استطاعة (توتر حقل) الاشارة عند مدخل مستقبل محطة السطع . وعند ذلك يجب اعتبار أن مصدر الاشعاع المستطلع ومحطة السطع عبارة عن عناصر لمسطرة راديوية واحدة . في مثل هذه المسطرة تختلف ظروف الاستقبال كثيراً عن الظروف الحسابية المثالية بسبب غياب المعطيات المسبقة عن الاشارات المستقبلة . ويمكن أن نفاجأ بأن

المستقبل غير دقيق التوليف على التردد الحامل للاشارة ، وأن مواصفات الاشارة المستطلعة ليست متوافقة مع مواصفات مستقبل محطة السطع .

ويمكننا الحصول على معادلة مدى العمل بشكل مبسط ، إذا افترضنا أنه لا يجري هنالك أي تخميد للأمواج الراديوية . عندها تعبر المعادلة التالية عن مدى عمل محطة السطع :

$$D_p = \frac{\lambda}{4\pi} = \sqrt{\frac{P_s.G_s.G_p}{P_p}} . g_s(\varphi_p,Q_p). g_p.(\varphi,Q_s). \gamma ½ \qquad (17\text{-}13)$$

حيث هنا : G_s ، P_s ـ استطاعة الاشعاع وعامل ربح هوائي تجهيزات السطع على التسلسل ،

$g_s(\varphi,\theta)$ ـ المخطط الاشعاعي الاحداثي المثالي للحقل ،

φ_P ، θ_P ـ انزياح الاتجاه عن نقطة الاستقبال بالاتجاه وبزاوية المكان بالنسبة للاتجاه الأعظمي للاشعاع .

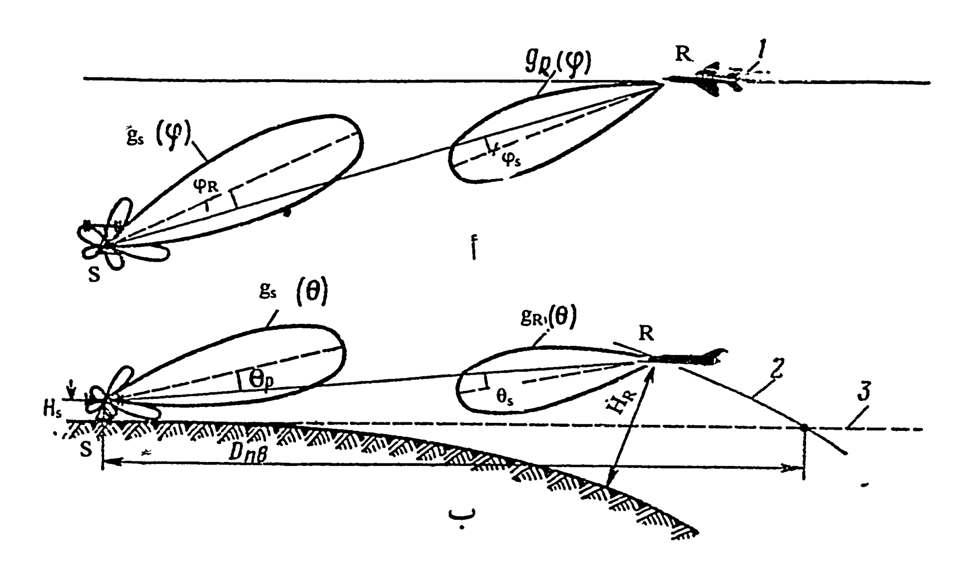
G_p, $g_p(\varphi;\theta)$ ـ عامل ربح هوائي الاستقبال ومخططه الاشعاعي الاحداثي المثالي بالحقل .

P_p ـ الحساسية الفعلية لمستقبل السطع .

φ_s, θ_s ـ زوايا انزياح الاستقبال الأعظمي عن الاتجاه إلى مصدر الاشعاع ،

γ_n ـ العامل ، الذي يأخذ بعين الاعتبار عدم تطابق استقطاب الاشارة مع هوائي الاستقبال .

إن التموضع النسبي للمخططات الاشعاعية على المستويين الأفقي والعمودي ونقاط الاشعاع C والاستقبال P ، الضرورية لاستخراج المعادلة السابقة موضحة على الشكل (13–18 أ ، ب) . .



الشكل (13–18) تحديد مدى السطع اللاسلكي الفني من الطائرة .

1 ـ خط الطيران ، 2 ـ خط الطيران على ارتفاع H_R ، 3 ـ خط الأفق .

يمكن للعامل γ_n أن يأخذ قيماً مختلفة ما من 0 حتى 1,0 . لهذا وعند تصميمهم لهوائي محطة السطع يسعون إلى تجنب إمكانية عدم المطابقة بالاستقطاب ، عندما تكون $\gamma_n = 0$. لهذا وفي المجالات الديسيمترية والسنتيمترية يستخدمون الهوائيات ذات الاستقطاب الدائري ، أما في المجال المتري فيستخدمون الاستقطاب الخطي ، الذي يكون فيه مستوى الاستقطاب منحرفاً بزاوية قدرها °45 عن الأفق . وعادة ، أثناء إجراء الحسابات يعتبرون $\gamma_n = 0,5$.

هنالك احتمالان لطرق عمل تجهيزات السطع هما :

- تستقبل الاشارات ، المرسلة بالوريقة الرئيسة لمخطط الاشعاع الاحداثي ،
- تستقبل الاشارات ، المرسلة بالوريقات الجانبية للمخطط الاشعاعي الاحداثي . وفي كلا الحالتين ، يجب على زمن الاستقبال تأمين إمكانية تحليل وتسجيل المعلومات . إذا جرى الاستقبال بواسطة الوريقة الرئيسة للمخطط الاشعاعي الاحداثي لمحطة السطع ، عندها سوف يساوي زمن الاستقبال الزمن اللازم لتغطية الوريقات الرئيسة من التوابع $g_s(\varphi, \theta)$ و $g_p(\varphi, \theta)$ ، أي عندما تصبح قيم الزوايا ، φ_p ، θ_p ، φ_s ، θ_s قريبة من الصفر في الوقت نفسه . عند ذلك يمكن لزمن الاستقبال T_n أن يتغير من الصفر حتى قيمة ، تساوي (في المستوى الأفقي) :

$$T_n \approx \frac{2\varphi_{CD}}{/\Omega_p - \Omega_s/}$$

حيث هنا Ω_p ، Ω_s ـ السرعات الزاوية لدوران شعاعي الاستقبال والارسال بعد أخذ اتجاهاتها بعين الاعتبار ،

φ_{CD} ـ انزياح الاتجاه الأعظمي للاستقبال عن الاتجاه إلى مصدر الاشعاع عندما تكون الاستطاعة على مدخل المستقبل $P_{in} \geqslant P_p$

يحدد زمن الاستقبال في الحالة الثانية بسرعة دوران هوائي الاستقبال Ω_p وعرض مخططه الاحداثي الاشعاعي ، وبما أن $g_s(\varphi_p, \theta_p)$ تتميز بقيمة واحدة تساوي 0,01–0,001 نحصل على :

$$T_n = 2\varphi_{C.D.} /\Omega_p;$$

تتعلق قيمة حساسية المستقبل الفعلية بنوعه . لا تزيد حساسية مستقبلات التضخيم المباشر (ذات الكواشف) عن $P_p = 10^{-7}$ واط ، ويسمح استخدام المستقبل السوبرهيدروديني برفع قيمة الحساسية حتى 10^{-12} وأكثر .

تبين لنا الحسابات ، أنه حتى عندما تكون حساسية المستقبل منخفضة ، فإنه يؤمن مدى عمل أكبر من مدى عمل محطة الرادار المستطلعة ، الأمر الذي يناسب السرية في تنفيذ السطع .

يمكننا ملاحظة انخفاض واضح في استطاعة الأمواج الراديوية الواردة إلى المستقبل ، نتيجة لتخميدها من قبل جزيئات الماء وأكسيجين الهواء ، والانتشار في طبقات الجو غير المتجانسة وتأثير سطح الأرض على انتشار الأمواج الراديوية .

يحدد التخميد الحاصل للأمواج الراديوية في الاوتمسفير بعامل التخميد a_a ، بطريقة إدخال مضاعف إضافي إلى المعادلة (13–17) . عندها نحصل على :

$$D_p.\ e^{a_a.D_p} = \frac{\lambda}{4\pi} = \sqrt{\frac{P_s.G_s.G_p}{P_p}.\ g_s\,(\varphi_p,Q_p).\ g_p.\,(\varphi_s,Q_s).\ \gamma_n}\ ^{1/2} \qquad (18\text{-}13)$$

يبلغ عامل التخميد الكلي للأمواج الراديوية ذات المجال السنتمتري في طبقة الأوتمسفير ، عندما تكون درجة الحرارة 18 مئوية وكثافة سقوط الأمطار 1 مم/ ساعة a_a=0,001 (1/ كم) .

يظهر تأثير طبيعة سطح الأرض على مدى السطع ، قبل كل شيء ، في ضرورة أخذ كروية الأرض بنظر الاعتبار (الشكل 13–18 ب) .

عاشراً ـ مواصفات محطات السطع الراديوي .

يتعلق المخطط الصندوقي لمحطة السطع ومواصفاتها التكتيكية الفنية بالموقع ، الذي تركب عليه المحطة . ففي الظروف الأرضية والسفينية ، حيث ليس هنالك تحديد يذكر لوزن وابعاد المنظومة ، يقوم العنصر البشري بالتحكم بعمل محطات السطع . وعند تنفيذ السطع الراديوي بواسطة الأجسام الطائرة ، يسعون إلى أتمتة محطات السطع واستخدام عناصر ميكروية في تركيبها .

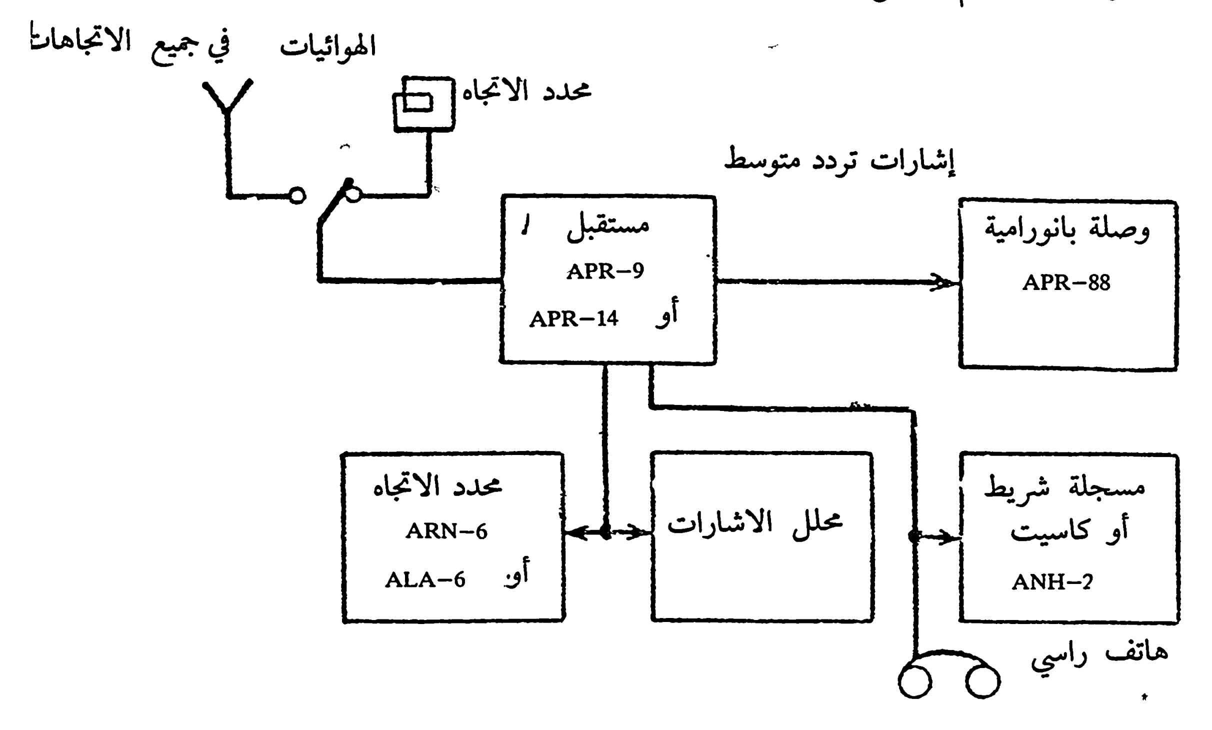
وحسب الوظيفة ، يقسمون ، في الوقت الحاضر ، محطات السطع إلى ثلاثة صنوف :

- محطات السطع المسبق (الأولي) ،
- محطات انذار الطائرة عن الاشعاعات الصادرة عن الوسائط الراديوية ،
- محطات سطع التشويش الراديوي ،

تركب محطات السطع المسبق على الوسائط الأرضية المتحركة ، السفن والطائرات (بطيار وبدون طيار) وعلى الأقمار الصناعية المخصصة لسطع الأرض . وأهم وظيفة لهذا الصنف من المحطات ـ الحصول على المعلومات عن وسائط الاتصال الراديوية ، التوجيه ، الكشف الراداري ،

الملاحة الراديوية والتعارف بطريقة التقاط الاشارات الراديوية (الارسال) والتعامل اللاحق معها وتحليلها (الشكل 13-19) . ويدخل في تركيب المحطة الأجهزة التالية :

- الهوائيات ،
- المستقبلات ، التي بواسطتها يتم تضخيم الاشارات المستقبلة وتحول إلى ذلك الشكل ، المناسب لقياس مواصفاتها ،
- تجهيزات قياس الاتجاه إلى الواسطة المستطلعة ،
- تجهيزات قياس مواصفات الاشارات المعدلة (محللات الاشارات) ،
- تجهيزات تسجيل المعطيات (أجهزة الذاكرة) ،
- تجهيزات التحكم بعمل المحطة .



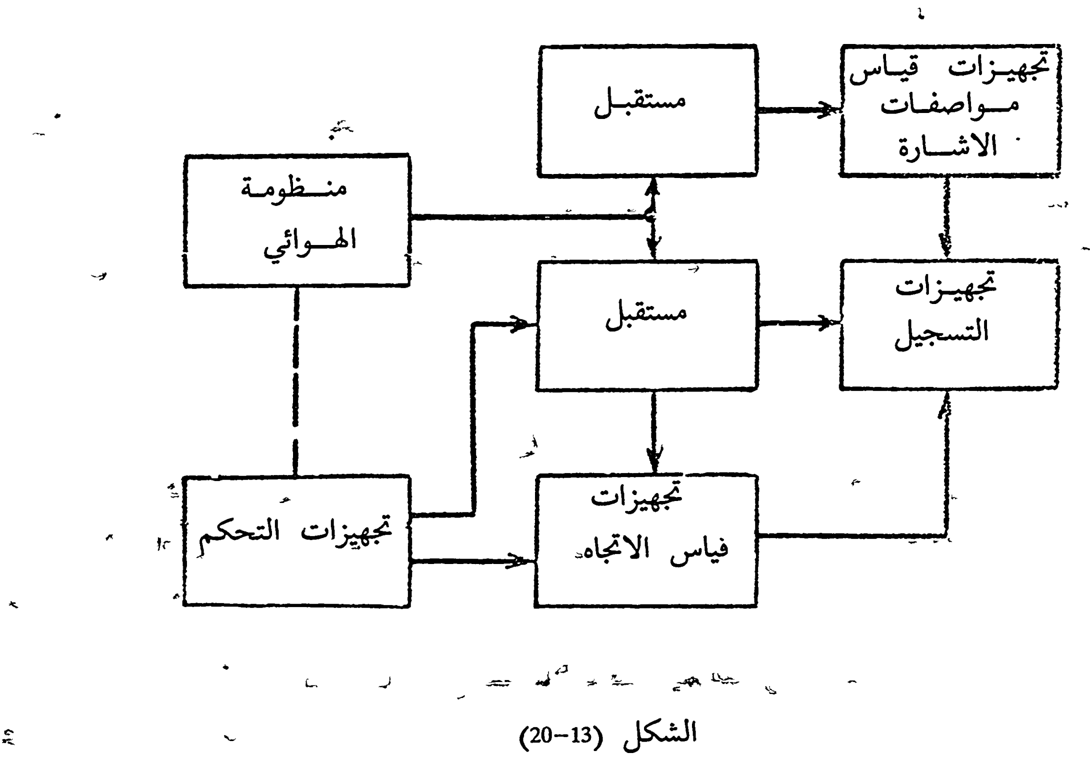
الشكل (13-19)

المخطط الصندوقي العام لمحطة السطع اللاسلكي الفني المبسق (الأولي)

وكمثال على مثل هذه المحطات ، نأخذ المنظومة الأمريكية ، المركبة على طائرة السطع (RB-66) القيادي للطيران التكتيكي (الشكل 13-20) .

يؤمن المستقبل APR-9 استقبال الاشارات ضمن مجال ترددي قدره 1000-10000 ميغاهيرتز ، أما المستقبل (APR-14) المساعد ، المستخدم معه ، فيستقبل الاشارات ضمن المجال (30-1000)

ميغاهيرتز . وتقدم الوصلة البانورامية إمكانية القيام بالبحث عن الاشارات ضمن المجال 300–6000 ميغاهيرتز على النظام البانورامي . يتم تغيير التوليف بالتردد دورياً بطريقة إعادة التوليف الكهربائية الميكانيكية للهزاز المحلي ووحدات الدخل عالية التردد . تستخدم محددات الاتجاه ARN–6 وALA–6 الأسلوب التسلسلي في قياس الاتجاه ، إذ تستقبل الاشارات على اتجاه دوران الهوائي . وكأجهزة عرض ، يستخدمون صمامات الاشعة المهبطية ، التي يتحرك فيها الشعاع بالتوافق الزمني مع دوران الهوائي ، ويشار إلى وجود اشعاع من أي اتجاه كان بواسطة علامة مضيئة ، تشكل من الاشارة المستقبلة . يستخدم محلل الاشارات ALA–S شاشات بيان المعلومات مع التصوير المتتابع لها .



الشكل (13–20)

المخطط الصندوقي لمنظومة السطع اللاسلكي الفني المركبة على الطائرة .

تعتبر المنظومة المشروحة سابقاً من المنظومات القديمة . وفي الوقت الحاضر ، هنالك نماذج للمستقبلات ومحددات الاتجاه والمحللات ، التي يستخدمون فيها أحدث ما توصل إليه علم الألكترونيات الحديث . وعلى وجه الخصوص ، يستخدمون في مستقبلات الفصل التسلسلي للاشارات بالتردد طريقة التوليف الألكترونية بدلاً من الطريقة الكهربائية . وفي مجال الترددات العالية جداً يستخدمون صمامات الموجات المرتدة بدلاً من الهزاز المحلي القابل لاعادة التوليف . تسمح هذه الصمامات بتغيير التردد ضمن المجال الثماني (المجال الترددي ، الذي فيه يكون الحد الاعلى للتردد مساوياً ضعف الحد الأدنى) .

إن الطريقة الأخرى لإعادة التوليف مؤسسة على أن الأيتريوم الفيريتي المصنع على شكل كرة (رمانة) متوضعة داخل دليل الموجة ، تغير تردد التوليف بنسبة 25% في هذا الاتجاه أو ذاك ، انطلاقاً من التردد الأوسط أثناء قياس الحقل المغناطيسي ، المشكل بواسطة السولونيد . تستطيع عناصر الايتريوم الفيريتي (الفلاتر) العمل ضمن المجال الترددي (200–18000) ميغاهيرتز .

تتمتع طريقة الفصل المتوازي للاشارات ترددياً بأهمية أيضاً . إذ يعرضون في الأدبيات الأمريكية منظومة سطع لاسلكي فني تحت رمز USD–7 تستخدم هذه الطريقة . إن مستقبلات كل قنال فيها مصممة على التضخيم المباشر . وكفلاتر عالية التردد ، تقوم بفصل الاشارات ترددياً ، يستخدمون فلاتر الايتريوم الفيريتي ، مؤلفة بذلك الشكل ، الذي فيه تستطيع تغطية المجال الترددي المعطى تسلسلياً . يتم كشف الاشارات ، بعد مرورها بفلاتر الايتريوم الفيريتي ، وتضخيمها بواسطة مضخمات الرؤية وتعطى بعد ذلك إلى تجهيزات التحليل والتسجيل .

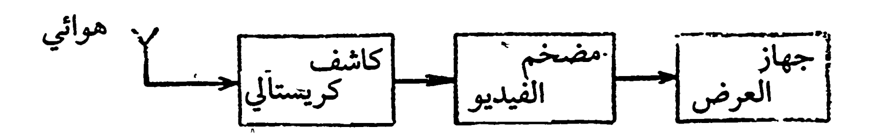
في الولايات المتحدة الأمريكية ، ينتجون الآن مستقبل من طراز WHIP ، يعتمد على مبدأ التمييز في قياس التردد ،ومقارنة الاشارات المارة خلال قنالي استقبال ، مولفين على ترددين مختلفين .

ويزيد في تجهيزات تحديد الاتجاه ،مع الزمن ، استخدام الاستقبال ثنائي الأقنية لتحديد الاتجاه .

إن مستقبلات الانذار عن وجود اشعاع صادر عن تجهيزات رادارية موجهة للأسلحة ، العاملة ضمن مجال ترددي معين ، هي عبارة عن أحد أشكال منظومات السطع الراديوية المباشر ، تنحصر وظيفتها في تأمين أطقم الطائرات بمعلومات عن الخطر الداهم المباشر لاستخدام العدو الأسلحة القتالية المضادة للطيران .

إن منظومة الانذار هي عبارة عن مستقبلات تضخيم مباشر ، تستقبل الاشارات الواردة ضمن مجال ترددي عريض جداً .

يوضح لنا الشكل (13–21) المخطط الصندوقي لمثل هذه المستقبلات . يقوم الهوائي ذي المجال العريض باستقبال الموجات الراديوية بمختلف استقطاباتها ، تكشف اشارات التردد العالي المستقبلة بواسطة كاشف كريستالي ، بعدها تضخم اشارة التردد المنخفض من قبل مضخم الفيديو وتعطى إلى جهاز البيان ، الذي يمكن أن يكون بصرياً أو سمعياً .



الشكل (13–21) المخطط الصندوقي لمستقبل الانذار .

يقوم طاقم الطائرة باتخاذ التدابير الوقائية اللازمة ضد وسائط الاشعاع الراديوي وذلك حسب اشارة الانذار الواردة إليه . فإذا كان المصدر عبارة عن محطة رادار التقاط وتسديد ، عندها يمكن استخدام التشويش السلبي والايجابي والقيام بمناورة لتجنب الاصابة ، الأمر الذي يخفض كثيراً من فاعلية هجمات الطائرة المطاردة .

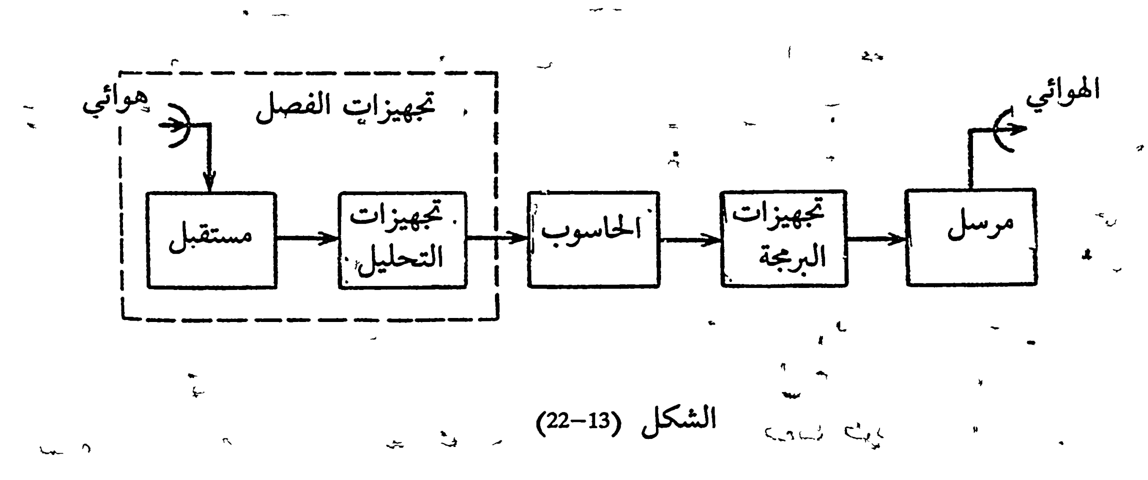
تؤمن محطة سطع التشويش الاستخدام المناسب ، في الوقت الملائم ، لوسائط حماية منظومات الصديق الراديوية من التشويش الراديوي ، المشكل من قبل العدو .
تقوم هذه المحطات بتحليل توزع كثافات التشويش الراديوي حسب المجال الترددي (المنظومة الأمريكية AN/GRR–9 العاملة ضمن المجال 1000–10000 ميغاهيرتز ، والمحطات NF–105 وNF–205 وAN/URM–17 ، العاملة ضمن المجال 400–1000 ميغاهيرتز) .

نحصل على بانوراما ترددية في مثل هذه المنظومات بطرق الفصل المتوازي والمتسلسل للاشارات . وكمثال على محطات سطع التشويش ، العاملة على مبدأ الفصل التسلسلي للاشارات الراديوية ، نأخذ المحطة AN/ GRR–9 ، التي يقسم مجالها الترددي العامل إلى أربعة أجزاء ، يخصص كل منها لمستقبل واحد من مستقبلات القنال ، الذي يعمل بشكل منفصل عن الأقنية الأخرى . وفي كل قنال تعطى الاشارات ، المستقبلة بواسطة الهوائي ، إلى المازج المناسب بعد مرورها بالفلتر . يعطى إلى هذا المازج اهتزازات من الهزاز المحلي ، تتغير تردداتها حسب تغير قيمة السطع الأفقي . تعطى الاشارات الناتجة على خرج المازج إلى وحدة البيان والتعيير بعد مرورها خلال مضخمات التردد المتوسط ، حيث كل قنال يملك مبينه الخاص به . يتم التحكم بشعاع خط لمعان صمام الأشعة المهبطية في جهاز العرض من قبل مولد خط اللمعان ، الذي يؤمن التحكم بتردد الهزاز المحلي أيضاً . ونتيجة لذلك ، فإن كل وضع للشعاع على الشاشة يوافق توليد المستقبل على تردد معين . وعند وجود إشارة التشويش ، يظهر على الشاشة علامة عمودية ، يتناسب طولها طرداً مع استطاعة التشويش .

إن الفصل المتوازي للاشارات ، هو عمل محقق في منظومة تحليل التشويش الأمريكية ضمن المجال الترددي (2400–3650) ميغاهيرتز . يقسم كامل هذا المجال إلى 125 قنال ضيقة العرض ، كل منها يمتلك مجال امراري قدره 10 ميغاهيرتز . وتم تصميم الفلاتر عالية التردد على شكل فلاتر من الاثيريوم والفيريت . تكشف الاشارات المستقبلة من قبل الهوائي وتُضخم وتمر خلال تجهيزات التسوية (المكاملات) ، التي تعطي القيمة المتوسطة لاستطاعة اشارات الخرج . يوصل كل قنال استقبال بواسطة رابطة خاصة لمدة 0,03 ثانية بجهاز العرض ، الذي تغير وضع خط لمعانه حسب القنال الموصولة . ومثل هذا المحلل ، وكما يشير الأخصائيون في الأدبيات ، يؤمن دقة قياس لمستوى الاستطاعة مقدارها 10% عندما تكون القدرة الامرارية 10 ميغاهيرتز وكثافة استطاعة اشارة الدخل (0,5–50) واط/ ميغاهيرتز .

يمكن استخدام وسائط السطع الراديوي مستقلا أو بشكل مشترك مع وسائط المعاكسة الالكترونية . وفي الحالة الأخيرة ، يمكن استخدام التشويش ، التسديدي ترددياً وبالاتجاه ، الأمر الذي يزيد من الفاعلية .

يمكن أن ترتبط وسائط السطع الراديوي بوسائط تشكيل التشويش الراديوي عن طريق عنصر بشري أو بواسطة وحدة تعتبر من مكونات محطة التشويش الأوتوماتيكية . يوضح لنا الشكل (13–22) المخطط الصندوقي النموذجي لمحطة التشويش الضجيجي التسديدي . يقوم المستقبل ، الذي يتمتع بحساسية ومجال ديناميكي كافيين ، بالاستقبال التسلسلي مولفاً نفسه على ترددات مناسبة ، تقع ضمن المجال المعطى . تقوم تجهيزات التحليل بالقياس الأوتوماتيكي لمواصفات الاشارات المستقبلة (التردد الحامل ، العرض والتردد التكراري للنبضات وغير ذلك) . أما أجهزة الحساب فتحدد عدد الاشارات المستقبلة ، تتابعها الزمني وتختار نوع التشويش الأكثر فاعلية للمعاكسة . وتقوم تجهيزات البرمجة والمرسل بتشكيل التشويش حسب البرنامج المنتج .



الشكل (13–22)

المخطط الصندوقي النموذجي لمحطة التشويش الضجيجي .

تعتبر تجهيزات السطع الداخلة في تركيب محطات التشويش الهوائي جزءاً لا يتجزأ منها ، يؤمن استقبال الاشارات الواردة وانتخابها من أجل التعامل اللاحق معها .

ينحصر الاتجاه الرئيسي لتحديث وسائط السطع الراديوي في أتمتتها وإنقاص وزنها وأبعادها في الوقت نفسه . سمحت لنا الدارات الحديثة ، التي تعتمد على الموديلات الميكروية ، المستخدمة في تجهيزات السطع الراديوي أن نوصل هذه التجهيزات لتعمل مع الحواسب الإلكترونية الرقمية .

البـاب الرابع عشرَ

تقييم فاعلية الصراع ضد الوسائط الراديوية

أولاً ـ معلومات عامة عن تقييم فاعلية التشويش .

إن اختلاف أنواع وأشكال الوسائط الراديوية ـ التي تخضع للاعماء ، وكذلك الطرق والوسائط المستخدمة لهذا الغرض ، ذات التأثيرات المختلفة عن الوسائط المستهدفة يجعل اختيار الطريقة أو الوسائط ذات التاثير الفعال للصراع ضد الوسائط الراديوية مهمة صعبة جداً . وصعوبة مثل هذا الاختيار تنحصر في أن اعماء وسائط العدو الرادارية يتعلق بحل مسائل ليست هي بالفنية فقط ، بل هي ايضاً عملياتية ـ تكتيكية .

ندرس هنا الصراع ضد الوسائط الراديوية ، لكل شكل من أشكال العمليات القتالية المحددة .

من المناسب تقييم تنفيذ أساليب المعاكسة الالكترونية عن طريق مؤشرات فاعلية التشويش ويمكن أن يعبر عن درجة خرق أنظمة عمل مختلف الوسائط الراديوية بقيم مختلفة . فعلى سبيل المثال ، يعبر عن هذه القيمة ، بالنسبة لمحطات الكشف ، بمقدار تخفيض احتمال كشفها إلى قيمة معينة ، أما لقائس المدى الراداري المستخدم على الطائرات ـ فبمقدار خطأ قياس المدى ، ولتجهيزات قياس الاتجاه إلى الهدف ـ بمقدار الخطأ في تحديد الاتجاه الخ .

ثانياً ـ المؤشرات التكتيكية لفعالية التشويش الراديوي على مساطر توجيه القوات والأسلحة المعممة .

تنحصر المهمة الرئيسة للمعاكسة الألكترونية في تأمين سلامة الطيران الصديق ، والجاهزية الفنية لتجهيزاته الراديوية في ظروف المعاكسة الالكترونية المعادية . يسمح لنا تنفيذ هذه المهام بتنفيذ

المهمة القتالية ، وبالتالي فإن فعاليته تقاس بالدرجة التي نفذت فيها الأعمال القتالية ـ وبالخسائر المادية المتوسطة ، التي تكبدها العدو . إلا أن هذا المؤشر يتعلق بعدد كبير من العوامل التكتيكية ، الفنية والنفسية ، بما فيها الأساليب التي استخدمت للمعاكسة الالكترونية . وإذا حددنا المهمة بالحفاظ على سلامة طائراتنا من وسائط الدفاع الجوي ، عندها يمكن تقدير تأثير هذه الأعمال بعامل زيادة احتمال إمكانية خرق وسائط الدفاع الجوي المعادية بواسطة الطائرات الضاربة . يثير استخدام مثل هذا المؤشر ضرورة التقييم المنفصل لتأثير المعاكسة الالكترونية على سلامة الطائرات بوسائط الصواريخ م/ ط الموجهة ، الطيران المطارد ومدفعية م/ ط . ويمكن أن يعتبر تخفيض عدد إطلاقات صواريخ م/ ط الموجهة ، تخفيض عدد هجومات المطاردات وتغيير احتمال الاصابة لكل من هذه الوسائط ، مؤشرات مساعدة لتخفيض فاعلية هذه الوسائط في تدمير الأهداف الجوية .

من السهولة بمكان ، تحديد هذه المؤشرات التكتيكية لفاعلية الأعمال المنفذة أثناء المعاكسة الالكترونية ، ونحن ننظر إلى تاثيرها على مختلف دارات توجيه منظومات الدفاع الجوي التي ورد ذكر لأهم مواصفاتها ومخططاتها الصندوقية الاحداثية في الباب الأول .

لندرس وبالتفصيل دارة توزيع الأهداف . تنحصر مهمة الأعمال الواجب تنفيذها على المعاكسة الالكترونية بوسائط هذه الدارة ، في قياس المعلومات المستخدمة في هذه الدارة ولكي تعقد ظروف تقدير الموقف ، الأمر الذي يجب أن يؤدي في النهاية إلى عدم القدرة على توزيع الأهداف .

إن محطات الرادار ونظام الاتصالات هي أهم عناصر هذه الدارة التي يجب أن تخضع للاعماء وذلك حسب رأي الأخصائيين الغربيين . ولتغيير المعلومات ، الناتجة عن محطات الرادار ، يمكننا استخدام أساليب المعاكسة الالكترونية التالية :

- خفض مساحة السطع العاكس الفعال وزيادة قدرة الوسط على تخميد الأمواج الراديوية الأمر الذي يؤمن انقاصاً لمدى كشف جميع محطات الرادار الداخلة في تركيب الدارة ،
- التاثير بواسطة استخدام تشويش راديوي إيجابي مموه ونشر حقول من العواكس الديبولية الأمر الذي يسمح بتغطية الوسائط عن الكشف الراداري ضمن مناطق معينة من الفضاء ، التي تؤمن أبعادها تمويهاً لتراتيب الطائرات القتالية ،
- تشكيل أهداف كاذبة لتعقيد الموقف الراداري .

يؤمن خرق عمل نظام الاتصالات باستخدام التشويش الفعال وارسال المعلومات الكاذبة خلال أقنية الارسال الراديوية .

يعبر عن التوزيع الخاطىء للأهداف ، تحت تأثير التشويش الراديوي ، في أنه سوف يوجه إلى مجموعات كبيرة من الطائرات عدد غير كاف من المطاردات أو صواريخ م/ ط ، ويؤدي هذا الأمر إلى تقليل الخسائر في الطائرات المهاجمة من تأثير وسائط الدفاع الجوي القتالية .

وعادة ما يعبرون عن صحة توزيع الأهداف بعدد ($\bar{n}_n$) هجومات المطاردات أو بالعدد المتوسط لصواريخ م/ ط ، الواصلة إلى هدف حقيقي واحد . وهذا الرقم مرتبط باحتمال اصابة الطائرة (ω_n) (خلال العلاقة) :

$$W_n = 1 - (1-w_1)^{\bar{n}} \qquad (1\text{-}14)$$

حيث هنا ω_n ـ احتمال اصابة الطائرة بهجوم واحد للمطاردة أو باطلاق صاروخي واحد ، $\bar{N}_M = \bar{n}$ ـ للمطاردة و $\bar{n}_{R.} = \bar{n}$ للصواريخ .

يؤدي تخفيض مدى عمل محطة الرادار إلى إنقاص الزمن ، المتبقي لتحليل الموقف واتخاذ القرار ، الأمر الذي يؤدي إلى إنقاص عدد المطاردات والصواريخ ، المستخدمة لصد الهجمة الجوية . يمكن لعلاقة العدد المتوسط الهجمات المطاردات $\bar{n}_{np}$ (إطلاقات الصواريخ $\bar{n}_{R.}$) أثناء تنفيذ هذه الأساليب ، مع العدو المتوسط للهجمات (إطلاقات) بغيابها ، أن تخدم كمؤشر لفاعلية الاعمال المنفذة للصراع ضد الوسائط الراديوية .

$$q_p = \frac{\bar{n}_{np}}{\bar{n}_p} \qquad (2\text{-}14)$$

$$q_{R.} = \frac{\bar{n}_{n.R}}{\bar{n}_{.R}} \qquad (3\text{-}14)$$

يمكننا بواسطة المعادلة التالية ، تحديد إلى أي حد أدى تخفيض مدى عمل محطة الرادار إلى الحد من عدد هجمات الطائرات المطاردة :

$$q_p = \frac{\bar{n}_{n.p}}{\bar{n}_p} \approx \frac{D_n}{D_o}$$

حيث هنا D_o, D_n ـ مدى عمل محطات الرادار أثناء وجود التشويش وبغيابه على التسلسل .

يعطى عدد اطلاقات الصواريخ م/ ط ، المطلقة من قاعدة واحدة على هدف واحد ، كان قد عبر قطاع تاثير الصواريخ ويتحرك بشكل مستقيم باتجاه قاعدة الاطلاق بالمعادلة التالية :

$$\bar{n}_{R.} = 1 + \left[\left(\frac{\lg \dfrac{D_1+V_p.t_{RT}}{D_{mim}+V_p.t_{RT}}}{\lg \left(1+\dfrac{V_o}{V_p}\right)} \right)\right] \qquad (4\text{-}14)$$

حيث هنا D_1 ـ مدى الإلتقاط للاطلاق الأول ،
D_{min}. ـ المسافة الدنيا ، المسموحة بين الهدف وقاعدة الاطلاق ، التي عنها يمكن تنفيذ الاطلاق ،
V_p وV_o ـ السرعات المتوسطة للصاروخ وللطائرة ـ هدف ، على التسلسل ،
$t_{R \cdot T}$. ـ الزمن اللازم لاعادة التسديد ، أي الزمن المحصور بين لحظة تقاطع الصاروخ مع الهدف ولحظة الاطلاق اللاحق ،
ـ يعني الرمز [(X)] ، أنه يقرب الكسور العشرية إلى أعداد صحيحة ، على سبيل المثال (0,6)=0 ، (2,3) = 2 الخ .
يساوي مدى الالتقاط في الاطلاق الأول ، إذا لم يكن هنالك تشويش ، المدى الأقصى لتاثير صواريخ م/ ط ، أي أن :

$$D_1 = D_{max} \qquad (5 - 14)$$

وعند تأثير التشويش ، نحدد مدى الالتقاط في الاطلاق الأول بالمعادلة التالية :

$$D_1 = \frac{D_n - V_o . t_o .}{1 + \frac{V_o}{V_p}} ; \qquad (6\text{-}14)$$

حيث هنا D_n ـ مدى كشف الهدف ،
t_o ـ الزمن المحصور بين لحظتي الكشف واطلاق الصاروخ .
بهذا الشكل ، نستطيع ، باستخدامنا للمعادلتين (14–4) و(14–5) ، تحديد العدد المتوسط للاطلاقات الممكنة n^-_R. للصاروخ أثناء غياب المعاكسة الالكترونية ، وللمعادلتين (14–6) و(14–4) ـ العدد المتوسط للاطلاقات ، عندما يستخدم هذا النوع من التشويش أو الآخر ، أما مؤشر فاعلية هذا التشويش فيحدد بالمعادلة (14–3) .
يمكن استخدام القيم الناتجة (n^-_R وn^-_{nR}) في تقدير احتمال تدمير الطائرة (في المعادلة 14–1) ، إذا عرفنا احتمال التدمير الناتج عن استخدام صاروخ واحد (ω_1) .
يؤدي تشكيل أهداف كاذبة أيضاً ، إلى إنقاص عدد الهجمات أو الاطلاقات ، الأمر الذي يمكن تقديره بالمعادلة :

$$q = \frac{m_T}{m_T + m_L} \qquad (7\text{-}14)$$

حيث هنا m_T ، m_n ـ عدد الأهداف الحقيقية والكاذبة المعتبرة كأهداف حقيقية حسب التسلسل .

$$q = q_R \text{ أو } q = q_p$$

تعتبر المعادلات المستخرجة سابقاً معادلات تقريبية ، إلا أنه وبواسطتها يمكن تحديد المؤشرات التكتيكية لفاعلية أساليب الصراع ضد الوسائط الراديوية لدارة توزيع الأهداف .

ولكي نخرق عمل دارة التوجيه عندما تعمل على النظام الأوتوماتيكي بواسطة التشويش ، يجب التاثير على محطة رادار متابعة الهدف باعاقتها عن استلام المعلومات عن مكان الهدف وعلى مستقبلات خطوط التوجيه اللاسلكية القيادية ، بتشويهنا للأوامر المرسلة (أشير إلى هذه التجهيزات على الشكل (8-2) بأسهم عريضة مع الحرف Π) .

أما عند تأثير تشويش راديوي قوي ، تتحول محطات رادار دارة التوجيه عادة إلى نظام العمل النصف أوتوماتيكي ، وعلى هذا النظام تعمل دارات توجيه المطاردات . يوضح الشكل (8-3) دارة التوجيه النصف اوتوماتيكية للمطاردة ، حيث أشير إلى جزء الدارة الذي يمكن اعمائه بالتشويش بأسهم عريضة مع الحرف Π .

ونتيجة لاستخدام التشويش الراديوي ، أما أن تقع أخطاء دورية كبيرة في التوجيه أو يزيد عدد الاخطاء الصدفية . تحدث الأخطاء الدورية الكبيرة ، على سبيل المثال ، أثناء استخدام المصائد ضد محطات رادار ملاحقة الهدف في نظام توجيه الصواريخ م/ ط وعندها تباشر هذه المحطة بملاحقة المصيدة وتقف عن ملاحقة الهدف . وفي هذه الحالة تصبح دارة التوجيه دارة مقطوعة بالنسبة للطائرة ـ هدف ـ وبذلك نسبب خطأ هاماً ، سببه الحصول على إحداثيات مكان الهدف والمصيدة . وكمثال على زيادة الأخطاء الصدفية هو تأثير التشويش الضجيجي ذي المستوى العالي على نفس محطة رادار متابعة الهدف . في هذه الحالة تفقد المعلومات عن المدى إلى الهدف وتزيد أخطاء التوجيه .

وحسب طبيعة تاثير التشويش على دارة التوجيه يستخدمون مؤشرات التأثير التكتيكية المساعدة التالية : زيادة عدد الضربات التي لا تصيب الهدف Δ ـ لتقدير الأخطاء الدورية للتوجيه انخفاض احتمال التوجيه ω_H ـ لتقدير الأخطاء الصدفية .

ولكي نوضح مفهوم عدم إصابة الهدف ، يجب أن نتمعن مخطط توجيه الصاروخ إلى الطائرة ـ هدف (الشكل 14-1) . لنفترض أن الهدف يتحرك بخط مستقيم وبانتظام وسرعة الصاروخ ثابتة . لنفرض أنه بغياب المعاكسة الالكترونية يجب أن يلتقي الصاروخ R مع الطائرة هدف O في النقطة β . وإذا استخدمت الطائرة أثناء وجودها في النقطة M ، أحد أنواع التشويش ـ مصيدة بإطلاقها إلى

الأمام ، ويباشر الصاروخ التوجيه إلى المصيدة ، عندها سوف يزاح خط سير الصاروخ بذلك الشكل الذي تتمكن فيه من لقاء المصيدة . وعندما يكون تأثير التشويش فعالاً أثناء طيران الصاروخ باتجاه لا يتوافق مع الاتجاه إلى الهدف يمكننا عندها أن نحدد المسافة الدنيا بين الهدف والصاروخ (لكن ليس بين خطي سيرهما) .

إلا أن التشويش عادة ما يمتلك قطاع تاثيري معين . فإذا افترضنا أنه في لحظة وصول الصاروخ إلى النقطة N توقف تاثير التشويش ، عندها يكون هنالك احتمالان هما :

الاحتمال الأول : لا يستطيع نظام توجيه الصاروخ إعادة ملاحقة الهدف O ، عندها سوف يتابع الصاروخ مسيره بشكل مستقيم . ويمثل ابتعاد الصاروخ عن هدفه بالقطعة المستقيمة BK_1 . أما إذا تحرك الصاروخ تحت تأثير التشويش بمنحى دائري بتسارع جانبي ثابت فنحصل على :

$$J_{pn} = n_o \cdot g$$

حيث هنا n_o ـ زيادة الحمل النسبية ،

g ـ تسارع قوة الجذب ،

عند ذلك نحصل على معادلة تحدد مسافة ابتعاد الصاروخ عن هدفه هي :

$$D_n \approx \frac{n_o \cdot g \cdot T_n}{2} \left(\frac{2 D_o.}{V_{rela}+.T_n} - 1 \right) \quad (8\text{-}14)$$

حيث هنا T_n ـ زمن تأثير التشويش ،

D_o ـ المسافة بين الصاروخ والهدف في لحظة بداية تأثير التشويش ،

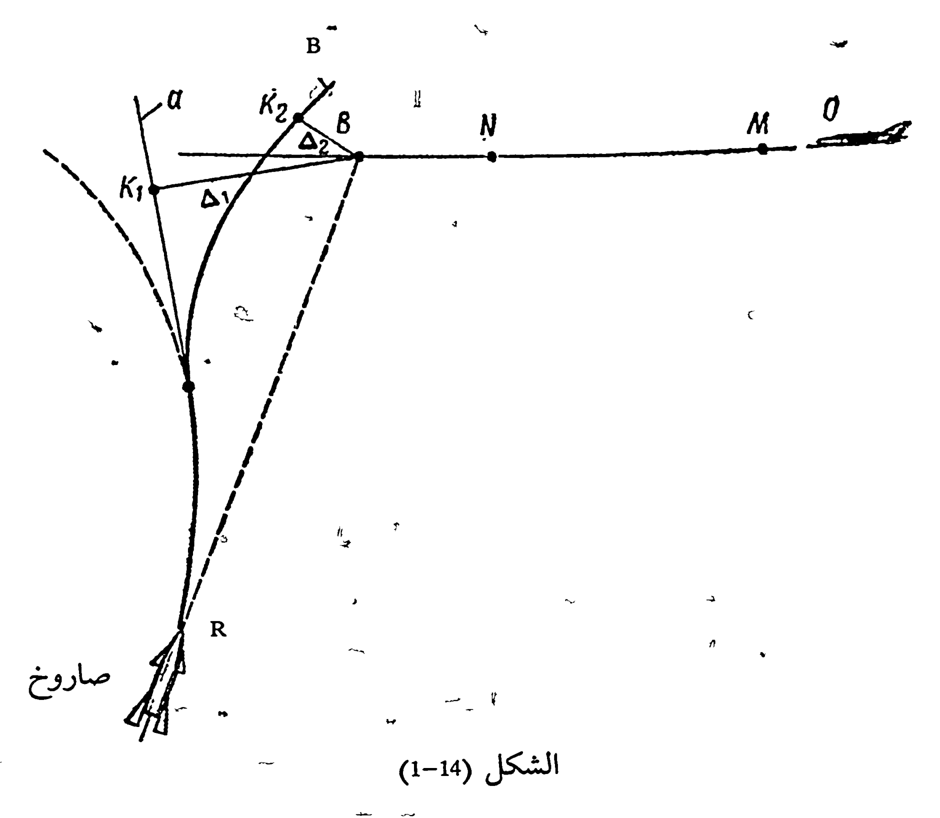
$V_{relat.}$ ـ سرعة الصاروخ بالنسبة للطائرة ـ هدف .

إذا كانت الزاوية بين شعاعي سرعة الصاروخ وسرعة الطائرة تساوي α) ، نحصل على :

$$V_{relat.} = \sqrt{V_p^2 + V_o^2 - 2V_o.V_p.\cos\gamma}$$

استخرجت هذه المعادلة بعد الافتراض أن الصاروخ يقترب من الهدف بحركة منتظمة ، وهي صحيحة عندما يكون :

$$T_n < \frac{D_o}{V_{relat.}}$$



الشكل (14-1)

مخطط توجيه الصاروخ في ظروف المعاكسة الألكترونية

أ ـ الاحتمال الأول ، ب ـ الاحتمال الثاني .

الاحتمال الثاني : يستطيع نظام توجيه الصاروخ إعادة ملاحقة الهدف ، وبعد انتهاء التشويش من تاثيره يبدأ هذا النظام القضاء على الخطأ الحاصل . فإذا انتهى تاثير التشويش بشكل متأخر ، ولم يستطع الصاروخ بسبب إمكانياته المحدودة على المناورة تصحيح الخطأ بشكل كامل فعندها تعطى المسافة المعبرة عن ابتعاد الصاروخ عن هدفه بالمعادلة :

$$a = N.K_2$$

وجزء هذه المسافة ، التي يمكن للصاروخ أن يتخلص منه ، يعطى بالمعادلة التالية :

$$\Delta_o = \frac{1}{2} \cdot n_o.g. \frac{D_n^2}{V_{relat.}^2} \qquad (9\text{-}14)$$

حيث هنا D_n ـ المسافة بين الصاروخ والهدف في لحظة انتهاء تاثير التشويش .

$D_n \approx D_o - V_{relat.} \acute{T}_n$ ، أما المسافة المتبقية من بعد الصاروخ عن هدفه فهي :

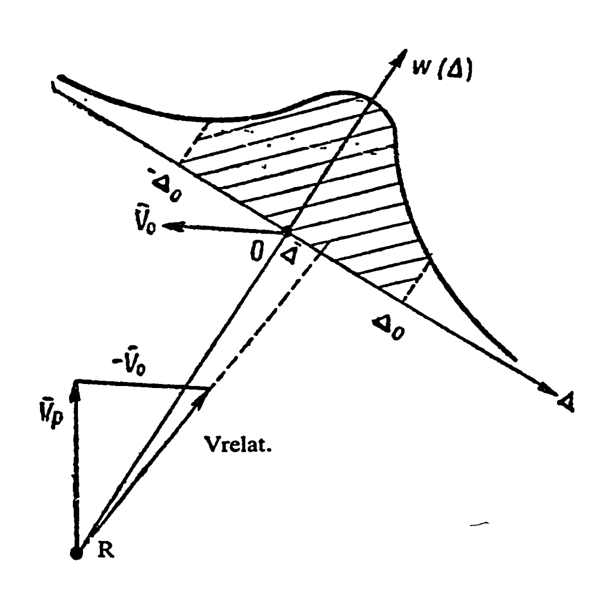
$$a_n = D_n - D_o \qquad (10\text{-}14)$$

ولهذه المسافة أهمية كبرى لحساب التاثير المطلوب للتشويش الراديوي .

يجب أن تزيد بمسافة عدم الاصابة (بعد الصاروخ عن هدفه) طول نصف القطر التدميري لرأس الحرب ، أي أن :

$$a > R_n$$

يسمى احتمال التوجيه ω_H ، ذلك الاحتمال الذي نتيجة لتوجيه الصاروخ (المطاردة) يصبح منقولاً إلى تلك النقطة من الفضاء ، التي منها يستطيع الصاروخ تنفيذ مهمته القتالية بواسطة وسائطه الخاصة . وبغير ذلك يمكننا تحديد احتمال التوجيه كاحتمال أن يكون السبب النهائي لمسافة ابتعاد الصاروخ عن الهدف الصدفية ، ينحصر في الأخطاء الصدفية ، وتصبح أصغر من قيمة ما لـ Δ_o . يمكن تفسير هذه الظروف بواسطة الشكل (14-2) ، حيث تعبر النقاط O وR عن أمكنة توضع الطائرة ـ هدف والصاروخ حسب التسلسل في لحظة نهاية التوجيه .

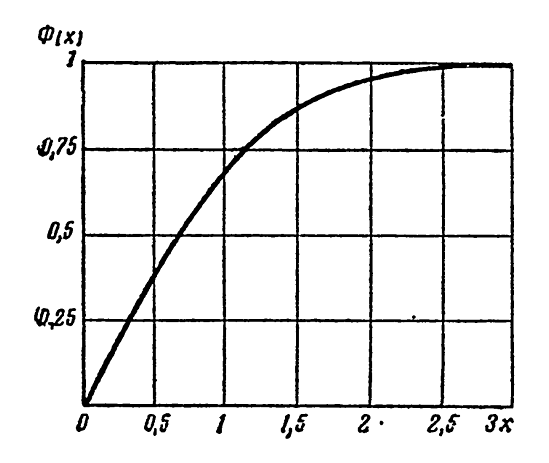


الشكل (14-2)

لتحديد احتمال التوجيه .

تعبر النقطة O عن بداية نظام الاحداثيات ، الذي فيه يعبر عن محور العينات بخط التأثير على الهدف (P_o) ، أما محور السينات فيعبر عنه بخط المسار الخاطىء Δ . حددت على محور العينات كثافة احتمال توزيع مقادير الابتعاد عن الهدف $\omega(\Delta)$ أثناء التوجيه .

لا يجب أن تزيد مسافة بعد الصاروخ عن الهدف أثناء التوجيه على طول القطعة المستقيمة $(\Delta_o$ ، $-\Delta_o)$. أما احتمال التوجيه فعددياً يساوي المساحة المحددة بالخط المائل $W(\Delta)$ والقطع المستقيمة المتعامدة مع محور السينات (X) والمتقاطعة عليها القطعة المستقيمة ذات الطول Δ_o بالاتجاهين انطلاقاً من نقطة بداية الاحداثيات (على الشكل 14–2 ، هذه المسافة مخططة) .



الشكل (14–3)

منحى تكامل غاوس

وفي حالات كثيرة ، يمكن اعتبار قانون توزع احتمالات عدم الاصابة طبيعياً ، أي أنه يأخذ الشكل التالي :

$$W_{(\Delta)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}.\sigma\Delta} . \bar{e}^{\frac{(\Delta-\bar{\Delta})^2}{2\sigma_\Delta^2}} \qquad (11-14)$$

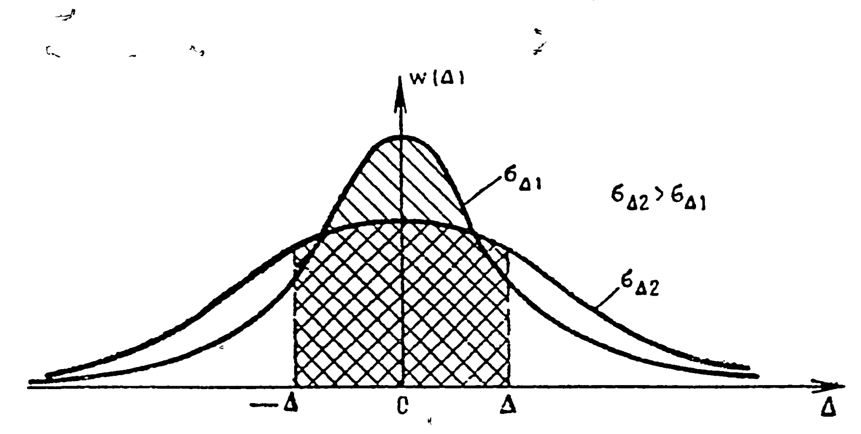
حيث هنا σ_Δ - الانحراف التربيعي المتوسط عن القيمة الوسطى لمسافة عدم الاصابة Δ . عندها يعطي احتمال التوجيه إلى الهدف بالمعادلة التالية :

$$W_s = \frac{1}{2} \left(\phi \left(\frac{D_o-\Delta}{\sigma_\Delta} \right) + \phi \left(\frac{\Delta_o+\Delta}{\sigma_\Delta} \right)\right] \qquad (12-14)$$

حيث هنا $\Phi(x)$ - تابع يسمى ، تكامل غاوس (الشكل 14-3) .

إن آثار التشويش الراديوي ، المؤدية إلى زيادة الأخطاء الصدفية أي عدم الاصابة Δ في نهاية التوجيه ، تظهر في زيادة مقدار الانزياح التربيعي المتوسط σ_Δ ، الأمر الذي يجعل التابع $\omega(\Delta)$ أكثر انحداراً .

يوضح لنا الشكل (14-4) علاقة كثافة احتمالات عدم الاصابة $W(\Delta)$ بـσ_Δ : وعند ارتفاع قيمة σ_Δ ، تنقص المساحة ، المعبرة عن احتمال صحة التوجيه و بالتالي ينخفض احتمال الاصابة نفسه .



الشكل (14-4)

علاقة شكل التابع $\omega(\Delta)$ بـ $\sigma\Delta$.

يحدد احتمال التوجيه الصحيح ω_{on} ، في ظروف التشويش الراديوي ، أيضاً من المعادلة (14-12) ، التي يجب فيها تبديل قيم $\bar{\Delta}$ وσ_Δ بالقيم الوسطى لعدم الاصابة Δ_n والانحراف التربيعي المتوسط $\sigma_{\Delta n}$ ، الناتجة عن تأثير التشويش الراديوي . ويمكن تقييم فاعلية التشويش بدرجة انخفاض احتمال التوجيه الصحيح ، أي بالمعادلة :

$$q_H = W_H - W_{on}$$

تبدأ دارة التوجيه الذاتي عملها عادة ، إما بعد انتهاء عملية توزيع الأهداف أو تأمين توجيه الصاروخ ذاتي التوجيه أو بعد التوجيه . تنتمي الحالة الثانية للمطاردة ذات محطة رادار الالتقاط والتسديد أو للصاروخ ذي رأس التوجيه الذاتي في المرحلة النهائية لمسار الطيران .

وعناصر دارة التوجيه الذاتي ، التي يمكن أن يؤثر عليها التشويش الراديوي عبارة عن تجهيزات استقبال محدد الاحداثيات ومحطة رادار إنارة الموقف ، وأشير إليها في الشكل (4-8) بأسهم عريضة مع الحرف Π .

أما نتائج تأثير التشويش في دارة التوجيه فـ : تؤدي إلى تشكيل أخطاء منتظمة (دورية)(*) وزيادة الصدفية منها . فعلى سبيل المثال ، يؤدي استخدام الأهداف الكاذبة إلى أخطاء دورية (منتظمة) ، أما التعديل المطالي لنبضات التشويش الجوابية بواسطة ضجيج منخفض التردد فيؤدي إلى زيادة الأخطاء الصدفية في قنال الملاحقة الأوتوماتيكية بالاتجاه . وتحت تأثير بعض أنواع التشويش من الممكن ظهور كلا نوعي الأخطاء ، الصدفية والمنتظمة .

يعتبر تخفيض احتمال الإصابة ، عبارة عن مؤشر تكتيكي لتاثير المعاكسة الالكترونية على دارة التوجيه الذاتي .

وعند استخدام القذائف البعيدة المدى ، يحدد احتمال الاصابة باحتمال سقوط القذيفة في حيز ما ، يحيط بالهدف .

يمكن توصيف الأخطاء المنتظمة (الدورية) الناتجة عن التشويش بمقدار مسافة عدم الاصابة ، المحسوبة بالمعادلة (14–10) . ويكون التشويش فعالاً إذا كان $a>R_n$ وعندها يصبح احتمال الاصابة $\omega_n \approx 0,0$.

أما الأخطاء الصدفية ، الناتجة عن تاثير التشويش ، فيمكن تقديرها باستخدام معادلة مشابهة للمعادلة (14–11) . ويصبح احتمال الاصابة :

$$W_{nn} = \frac{1}{2} \left[\phi \left(\frac{R_n - \bar{\Delta}_n}{\mathfrak{S}_{\Delta n}} \right) + \phi \left(\frac{R_n + \bar{\Delta}_n}{\mathfrak{S}_{\Delta n}} \right) \right. \qquad (13\text{-}14)$$

وإذا كان احتمال الاصابة قبل استخدام التشويش الراديوي يساوي W_n ، ونتيجة لتاثير لتشويش أصبح ω_{nn} ، فتكون فاعلية التشويش :

$$q = W_n - W_{nn}$$

وحسب وجهات نظر الأخصائيين الغربيين ، يؤثر على فاعلية المعاكسة الالكترونية التالي :
- زمن بداية تشكيل التشويش ومقدار استمرارية تاثيره ،
- مواصفات التشويش والوسائط الراديوية المستهدفة من الدارة ،
- التموضع النسبي بين الوسائط الراديوية المستطلعة والموقع المراد حمايته .

يمكن تحديد الشرطين الأخيرين عددياً بقطاعات الاعماء ، وإن تحديد حدود هذه القطاعات مهمة هامة لخدمة تنظيم المعاكسة الالكترونية .

---

* نجد الجداول المعبرة عن التابع غاوس في كتب رياضية عديدة .

ثالثا ـ تحديد قطاعات اعماء الوسائط الراديوية بالتشويش .

إن قطاع الاعماء ـ هو مجال من الفضاء ، الذي داخل حدوده تكون علاقة استطاعة التشويش الى استطاعة الاشارة عند دخل المستقبل المستهدف (خلال مجاله الامراري) لا تقل عن قيمة عامل الاعماء K_n . تحدد نسبة استطاعة التشويش إلى استطاعة الاشارة في اي نقطة من الفضاء بالمؤشرات الطاقية للوسائط الراديوية المستهدفة ووسائط تشكيل التشويش الراديوي ، وكذلك بتموضعها النسبي . ولتحديد حدود قطاعات الاعماء تستخدم معادلة الاعماء ، التي تربط بين هذه العوامل .

تسمح لنا معادلة الاعماء بحل مسائل من نوعين :

النوع الأول من المهام : تحديد حدود قطاع الاعماء المناسب للتموضع النسبي بين مصدر التشويش والواسطة المستطلعة حسب المواصفات المعروفة للواسطة الراديوية المستطلعة وواسطة انتاج التشويش .

النوع الثاني من المهام : تحديد مواصفات وسائط انتاج التشويش الراديوي وتموضعها بالنسبة للوسائط المستهدفة ، بواسطة المتطلبات التكتيكية الواجب توفرها في قطاع الاعماء والمواصفات المعروفة مسبقاً للوسائط الراديوية المستهدفة .

يتعلق استنباط معادلة الاعماء ، قبل كل شيء ، بتحديد المعادلة المعبرة عن نسبة استطاعة التشويش إلى استطاعة الاشارة في أي نقطة من الفضاء . يتعلق شكل المعادلة الأخيرة بالاشارة التي تستخدمها الوسائط الراديوية إن كانت مباشرة أو منعكسة . وانطلاقاً ، من وجهة النظر هذه ، يمكننا تقسيم جميع المساطر الراديوية إلى صنفين :

1 . المسطرة الراديوية ، التي تعمل على مبدأ الاتصال المباشر بين تجهيزات الارسال وتجهيزات الاستقبال . وينتمي إلى هذا الصنف من المساطر ، الاتصال اللاسلكي ، التوجيه القيادي للمطاردات والصواريخ ، الخطوط المشكلة من تجهيزات الملاحة الراديوية ، وسائط التعارف ، الخطوط في أنظمة الكشف السلبي ، التوجيه الذاتي السلبي ، التوجيه الذاتي بالشعاع الراديوي وغيرها .

2 . المساطر الراديوية ، التي تعتمد على مبدأ استقبال الاشارات الراديوية المنعكسة عن الأهداف ، الواقعة على طريق انتشارها . وتنتمي إلى هذه المساطر ، الوسائط الرادارية وخطوط التوجيه الراديوية الايجابية والنصف ايجابية .

عادة ما يسمون المساطر الراديوية من الصنف الأول بمساطر الاتصالات اللاسلكية المباشرة ، أما الثاني ـ فبالمساطر الرادارية .

لنجد التعبير الرياضي عن نسبة استطاعة التشويش إلى استطاعة الاشارة في أي نقطة من الفضاء لمساطر الاتصالات اللاسلكية المباشرة ، باستخدام الرموز التالية :

P_s ـ استطاعة الاشارة العاملة المرسلة ،

G_s ـ عامل ربح هوائي الارسال ،

$g_{no}(\varphi, \theta)$ المخطط الاشعاعي الاحداثي لهوائي الارسال حسب الحقل ،

D_{nM} ـ مساحة التخميد الفعالة للهوائي باتجاه الاستقبال الأعظمي ،

$\Delta f_{Res.}$ ـ المجال الامراري للجزء الخطي لمستقبل المسطرة الراديوية ،

D_L ـ طول المسطرة (المسافة بين المرسل والمستقبل) ،

P_n ـ استطاعة الاشعاع التشويشي ،

G_n ـ عامل ربح هوائي ارسال محطة التشويش ،

Δf_n ـ عرض طيف التشويش ،

$g_n(\varphi, \theta)$ ـ المخطط الاشعاعي الاحداثي لهوائي محطة التشويش حسب الحقل ،

D_n ـ المسافة بين مصدر التشويش ومستقبل المسطرة الراديوية .

تشير الرموز المعبرة عن المخطط الاشعاعي الاحداثي φ وθ إلى الزوايا الآنية في المستويين الأفقي والعمودي حسب التسلسل .

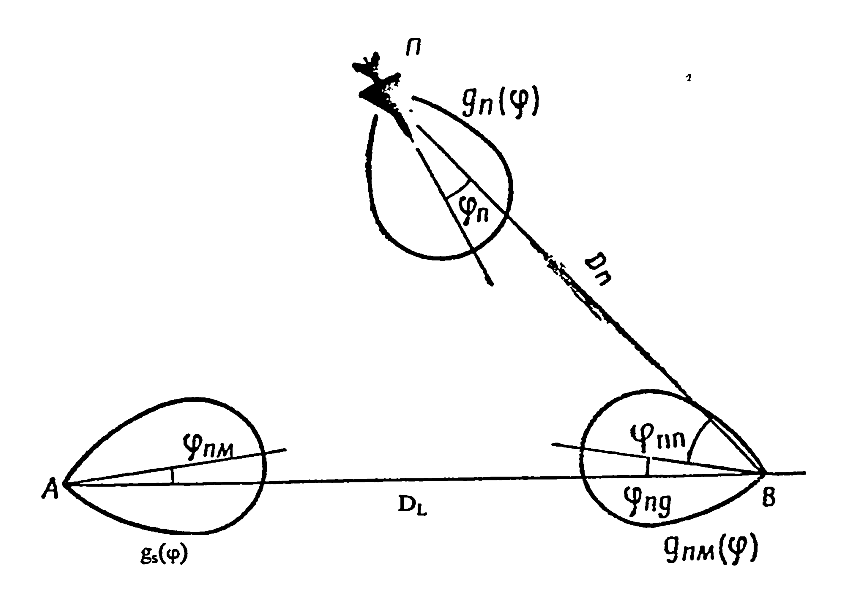
وللسهولة نأخذ بعين الاعتبار المخطط الاشعاعي الاحداثي للهوائيات في المستوى الأفقي فقط . وندخل الرموز التالية :

φ_{nM} ـ الزاوية بين الاتجاه الأعظمي لاشعاع مرسل المسطرة والاتجاه إلى المستقبل ،

$\varphi_{nM}, \varphi_{nD}$ ـ الزوايا بين اتجاه الاستقبال الأعظمي والاتجاه إلى مرسل المسطرة ومرسل التشويش حسب التسلسل .

φ_L ـ الزاوية المحصورة بين الاتجاه إلى الاشعاع الأعظمي للتشويش والاتجاه إلى المستقبل .

أخذ التموضع النسبي بين مرسل التشويش ومرسل ومستقبل المسطرة الراديوية . ومخططات الاحداثية الاشعاعية على (الشكل 14–5) في المستوى الأفقي ، لأن الزوايا المساة سابقاً تتغير زمنياً تحت تاثير اختلاف أمكنة التجهيزات المذكورة .



الشكل (14-5)

لتحديد حدود منطقة إعماء مسطرة الاتصالات الراديوية المباشرة .

النسبة بين استطاعة التشويش واستطاعة الاشارة في أي نقطة من الفضاء :

$$\frac{P_{nin}}{P_{s.in}} = \frac{P_n.G_n}{P_s.G_s} \cdot \frac{D_L^2}{D_n^2} \cdot \frac{\Delta f_{Res.}\gamma_n}{\Delta f_n} \cdot \frac{g_{nM}^2(\varphi_{nn})}{g_{nM}^2(\varphi_{nD})} \cdot \frac{g_n^2(\varphi_n)}{g_s^2(\varphi_{nM})}$$

(14-14)

تم استخراج المساواة (14-14) للفضاء الحر . أما إذا أخذنا بعين الاعتبار ما تَلْقاهُ الأمواج من تخميد في الأوتمسفير (الغلاف الجوي) ، عندها من الضروري أن يضرب الجزء الأيمن من المساواة بالعامل الآتي :

$$X = e^{-\alpha(D_n+D_L)}$$

حيث هنا α ـ عامل تخميد الأمواج مضروباً بوحدة المسافة .

وللحصول على معادلة الاعماء بشكلها العام ، يجب اعتبار أن الجزء الأيسر منها مساوياً لعامل الاعماء K_n . عندها يكون :

$$\frac{D_L^2}{D_n^2} \quad \frac{g_{nM}^2 \cdot (\varphi_{nn})}{g_{nM}^2 \cdot (\varphi_{nM})} \quad \frac{g_n^2 (\varphi_n)}{g_s^2 (\varphi_{nM})} = K_n \quad \frac{P_s . G_s}{P_n . G_n} \quad \frac{\Delta f_n}{\Delta F_{Res.} \gamma_n} . \qquad (15\text{-}14)$$

يتعلق الجزء الأيمن من المساواة فقط ، بمواصفات محطة التشويش وتجهيزات المسطرة الراديوية وبنسبة طيفي التشويش والاشارة (تدل القيمة $\Delta f_{Res.}$ على عرض طيف الاشعاع ، لأن المجال الامراري لخط استقبال المسطرة الراديوية عادة ما يتوافق مع عرض طيف الاشارة) أما الجزء اليساري من المساواة فيعبر عن التموضع النسبي بين عناصر المسطرة الراديوية ومحطة التشويش وبين المخططات الاشعاعية الاحداثية لهوائياتها .

يحددون عادة قطاع الاعماء ، المشكل نتيجة لتاثير التشويش بالنسبة لمكان توضع مرسل المسطرة الراديوية ، الذي يفترضون أنه معلوم مسبقاً ، أما مكان توضع محطة التشويش فيمكننا تبديله حسب ما نراه مناسباً . عندها يجب أن تكون حدود قطاع الاعماء مناسبة لتموضعات مستقبل المسطرة الراديوية ، التي تتحقق فيها المعادلة :

$$\frac{P_{n.in.}}{P_{s.in}} = K_n$$

ويجب اعتبار القيم $g_{nD}(g_{nM})$ ، $g_{nM}(\varphi_{nD})$ قيماً أعظمية ، أي أنها مساوية للواحد ، لأنه يجب تحديد قطاع الاعماء عند الظروف الأكثر ملاءمة بالنسبة للعدو (يعرف التموضع النسبي لمستقبل ومرسل مسطرته الراديوية) . تختار قيمة $g_n(\varphi_n)$ في الحسابات الجارية لكي تساوي قيمة محددة ، الأمر الذي يعني ضرورة توجيه المخطط الاشعاعي الاحداثي لهوائي المرسل ، بذلك الشكل الذي فيه تكون قيمة $g_n(\varphi)$ ، عندما تتراوح قيمة الزاوية φ_n بين جميع القيم المسموح بها ، أصغر من القيمة المعطاة لـ g_{nC} ، أي لكي يكون :

$$g_n\ (\varphi_n) \geqslant g_{nC}.$$

وانطلاقاً مما ورد سابقاً ، يمكن أن نأخذ معادلة تحديد حدود قطاع الاعماء الشكل التالي :

$$\frac{D_L^2}{D_n^2} \cdot g_{nM.}\ (\varphi_{nn}) = C_1^2 \quad (16\text{-}14)$$

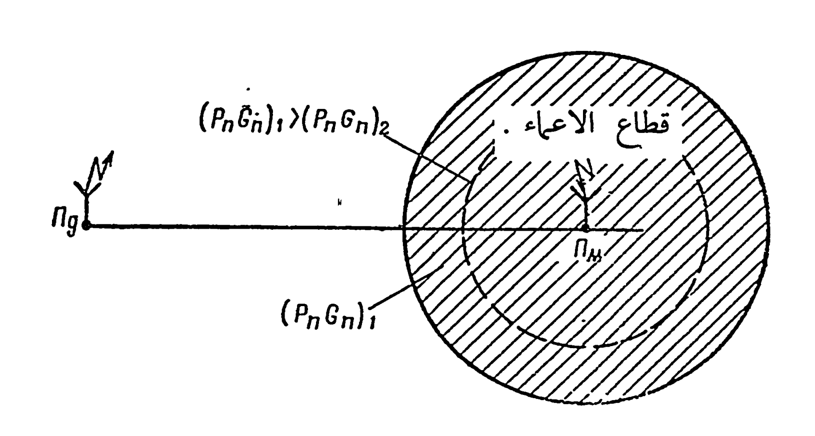
حيث هنا :

$$C_1^2 = K_n . \ \frac{P_s . G_s}{P_n . G_n} . \ \frac{\Delta f_n}{\Delta f_{Res.} \gamma_n} . \ \frac{1}{g_{cn}^2}$$

D_n ـ مواصفة تؤثر على أبعاد قطاع الاعماء .
لندرس أمثلة من المسائل التي تستخدم معادلة الاعماء .

المسألة رقم /1/ .

يفترض أن نقاط الارسال والاستقبال معلومة المواقع . المطلوب ، إيجاد حدود المنطقة ، التي ضمنها يجب نشر مصدر التشويش الراديوي لتأمين الاعماء للمسطرة الراديوية .



الشكل (14–6)

قطاع الإعماء ، الذي حصلنا عليه بحلنا للمسألة .

في هذه الحالة ، معروف لدينا المسافة D_L ، البعد بين مستقبل ومرسل المسطرة الراديوية ، أما القيمة التي يجب إيجادها فهي D_n وهي المسافة بين مرسل التشويش ومستقبله . إذا تعاملنا مع المعادلة (14–16) بالنسبة للمسافة D_n نحصل على :

$$D_n = \frac{D_L}{C_1} \cdot g_{nM} \cdot (\varphi_{nn}) \qquad (17\text{-}14)$$

وفي الحالات الخاصة للاتصالات الراديوية الأرضية ، عندما يعمل الهوائي على جميع الاتجاهات ، نحصل على $g_{nM}(\varphi_{nn}) = 1$ وعندها تأخذ المعادلة (14–17) الشكل الآتي :

$$D_n = \frac{D_L}{C_1} = D_L \sqrt{\frac{P_n, G_n}{P_s . G_s} \cdot \frac{\gamma_n}{K_n} \cdot \frac{\Delta f_{Res}}{\Delta f_n} \cdot g_{nc}} = \text{const.}$$

من هنا ، نستنتج أن حدود القطاع ، الذي ضمنه من الممكن نشر مرسل التشويش ، هو عبارة عن دائرة مركزها نقطة نشر المستقبل (على الشكل 14–6 ، المنطقة المخططة) وتؤدي زيادة استطاعة محطة التشويش ($P_n.G_n$) أو المسافة بين مرسل ومستقبل المسطرة الراديوية إلى زيادة مساحة المنطقة . يتعلق قطاع الاعماء بشكل جوهري بعامل الاعماء K_n ، وتزيد مساحته عندما ترتفع قيمة هذا العامل .

المسألة رقم/2/ .

يفترض فيها المعرفة المسبقة لأمكنة نشر مرسل المسطرة ومرسل التشويش . وهنا سوف تصبح المسطرة الراديوية بحالة اعماء ، إذا نشر مستقبلها في قطاع معين والمطلوب إيجاد هذا القطاع .

يحلون مثل هذه المسألة عادة أثناء تنظيم إعماء المساطر الراديوية القيادية لتوجيه المطاردات بواسطة مرسلات التشويش الأرضية . وكما في المسألة الأولى ، يمكن اعتبار أن الهوائيات المستخدمة هي هوائيات يمكنها أن تعمل في جميع الاتجاهات ، أي أن $g_{nM}(\varphi) \approx 1$. ومن المعادلة (14–17) نستنبط معادلة قطاع الاعماء .

$$\frac{D_L^2}{D_n^2} = C_1^2 = \text{const.} \qquad (18\text{-}14)$$

إن المنحني المعبر عنه بالمعادلة (14–18) هو عبارة عن محيط دائرة نصف قطرها :

$$r = / \frac{C_1.D_1}{C_1^2\text{-}1} / \qquad (19\text{-}14)$$

ومركزها O_1 ، مزاح عن مركز محور السنيات (ox) بالمسافة :

$$d = / \quad \frac{C_1^2}{C_1^2\text{-}1} /.\ D \qquad (20\text{-}14)$$

تُرينا المعادلتين (14–19) و(14–20) أن أبعاد قطاع الاعماء ومكان توضعه يحدد بالقيم D و :

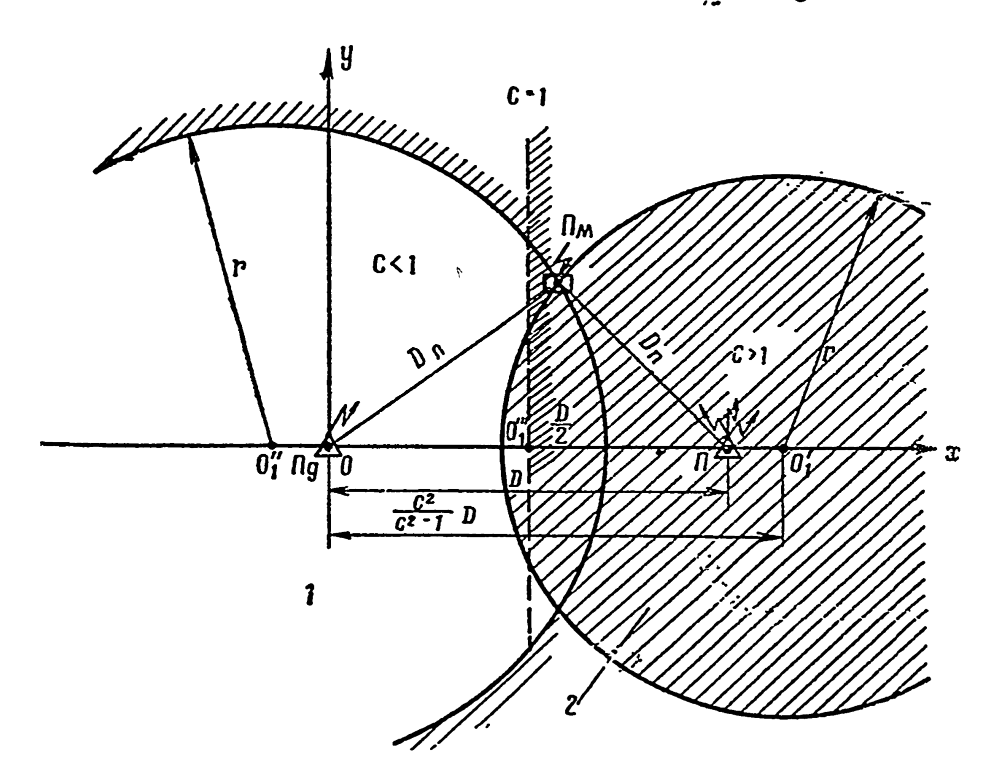
$$C_1^2 = K_n \ \frac{P_s.G_s}{P_n.G_n} . \ \frac{\Delta f_n}{\Delta f_{Res.}} . \ \frac{1}{\gamma_n.g^2_{nc}} \qquad (21\text{-}14)$$

عندما تكون $1<C_1^2$ ، أي أنه عندما تكون استطاعة محطة التشويش غير كبيرة ، ومركز الدائرة واقعاً إلى اليمين من نقطة توضع مرسل التشويش n ، لأنه عند ذلك

$$\frac{C_1^2}{C_1^2-1} > 1$$ و D<d . وهنا يصبح قطاع الاعماء عبارة عن دائرة مركزها في النقطة O_1 (وهي على الشكل 14−7 مخططة) .

وعندما يكون $1>C_1^2$ ، أي أنه عند استخدام مرسل ذي استطاعة كافية ، سيتوضع مركز الدائرة O_1'' إلى اليسار من النقطة O ، لأن o<d . وعندها سوف يحتل قطاع الاعماء كامل المستوى ، محذوفاً منه الدائرة ذات المركز O_1'' (على الشكل 14−7 ، يرمز إلى حدود القطاع بخطوط مزدوجة متقاطعة) .

عندما تكون $1=C_1$ ، تنتقل الدائرة لتصبح عبارة عن خط مستقيم يوازي محور العينات oy ويمر خلال النقطة o_1'' ، الواقعة في منتصف القطعة المسقيمة on .



الشكل (14−7)

قطاع الاعماء ، الناتج عن حل المسألة رقم /2/ .

1 ـ قطاع التشويش غير الفعال ، 2 ـ قطاع الاعماء .

وعند زيادة قطاع الاعماء ، من الضروري خفض القيمة C_1 ، الأمر الذي يمكن التوصل إليه بزيادة استطاعة محطة التشويش ، وإنقاص عامل الاعماء K_n أو خفض مقدار العلاقة $\gamma_n \cdot \Delta f_n / \Delta f_{Res}$ ، أي زيادة تركيز تسديد التشويش .

لنستخرج معادلة اعماء المساطر الرادارية ، في الحالة العامة ، عندما يتم الاستقبال والارسال في المسطرة بمختلف أنواع الهوائيات والطائرة حاملة المحطة غير متموضعة في الموقع المراد تغطيته .

يوضح الشكل (14–8) مخطط التموضع النسبي لتجهيزات المسطرة الرادارية في المستوى الأفقي ، والهدف المراد تغطيته وحامل واسطة تشكيل التشويش . لنفترض الرموز التالية :

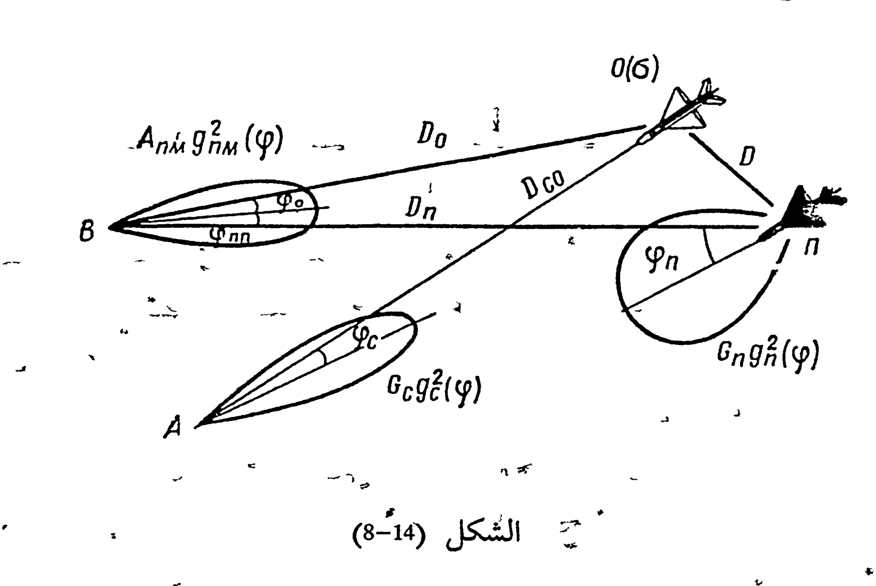
D_o, D_{co} ـ المسافات حتى الموقع المراد حمايته O من المرسل A والمستقبل ، في المسطرة الرادارية ، حسب التسلسل ،

D_n ـ بعد مصدر التشويش عن مستقبل المسطرة .

φ_{nn}, φ_o ـ الزوايا المحصورة بين الاتجاه الأعظمي للاستقبال والاتجاه إلى الموقع (المسطرة BO) وإلى مرسل التشويش (المسطرة Bп) ، حسب التسلسل ،

φ_n ـ الزاوية المحصورة بين الإتجاه الأعظمي لاشعاع التشويش والاتجاه إلى المستقبل (пB) .

φ_c ـ الزاوية المحصورة بين الاتجاه الأعظمي لأشعاع الاشارة والاتجاه إلى الموقع (AO) .



الشكل (14–8)

لتحديد حدود قطاع اعماء المسطرة الرادارية .

يمكن لجميع هذه القيم أن تتغير زمنياً بالارتباط مع التبدل النسبي في تموضع العناصر .

تعطى استطاعة التشويش الواصل إلى دخل المستقبل على منحى تغيره الخطي ضمن المجال الامراري بالمعادلة التالية :

$$P_{n.in.}= \frac{P_n.G_n}{4\pi.D_n^2} \cdot \frac{\Delta f_{Res}\cdot\gamma_n}{\Delta f_n} \cdot g_n(\varphi_n)\cdot A_{nM}\cdot g_{nm}^2(\varphi_{nn})$$

أما استطاعة الاشارة على دخل المستقبل فتعطى بالمعادلة .

$$P_{S.in.} = \frac{P_s\cdot G_s\cdot g_s(\varphi_s)}{4\pi.D_{CO}^2} \quad \mathfrak{S}_\Delta \quad \frac{1}{4\pi.D_o^2}\cdot A_{nM}\cdot g_{nM}^2.(\varphi_o) \qquad (22\text{-}14)$$

وللحصول على معادلة الاعماء ، من الضروري تبديل القيمة P_{nin} / P_{sin}. لعامل الاعماء وفصل المركبات الثابتة والمتغيرة لهذه القيمة . عندها يجب أن نأخذ بعين الاعتبار الحالة الأسوأ ، التي تكون فيها الاشارة المنعكسة عن الهدف أعظمية ، الأمر الذي يحدث عندما تكون $1=g_s(\varphi_s)$. تحدد القيمة $g_n(\varphi_n)$ عادة بحد أصغري مسموح به ، أي أن $g_{nc}\leq g_n(\varphi_n)$. وإذا أخذنا بعين الاعتبار جميع ما سبق نحصل على :

$$\frac{D_0^2}{D_n^2} \cdot D_{C0}^2 \; \frac{g_{nM}^2\cdot(\varphi_{nn})}{g_{nM}^2\cdot(\varphi_0)} = C_2^2 \qquad (23\text{-}14)$$

$$C_2^2 = K_n \; \frac{\mathfrak{S}_o}{4\pi} \cdot \frac{P_s.G_s}{P_n.G_n} \cdot \frac{\Delta f_n}{\Delta f_{Res}\cdot\gamma_n}\cdot g_{nc}^2 \qquad (24\text{-}14)$$

تعتبر القيمة C_2 لتجهيزات التشويش المعطاة ولوسائط الاعماء عدداً ثابتاً .

لندرس المسألة التي تصادفنا عملياً ، عادة أثناء استخدام معادلة الاعماء (14–23) .

المسألة رقم /3/ .

تحديد قطاع اعماء مسطرة التوجيه الذاتي الرادارية نصف الايجابية . ينشر مرسل المسطرة الرادارية على الأرض ، أما المستقبل ففي رأس التوجيه الذاتي للصاروخ .

من الواضح ، أن التشويش يصبح فعالاً ، عندما تصبح نسبة استطاعة التشويش إلى استطاعة الاشارة لا تقل عن K_n ، عندها سيصبح قطاع الاعماء عبارة عن تلك المنطقة ، التي تحافظ هذه النسبة على ذاتها .

نظراً لأنه في نظام التوجيه الذاتي نصف الايجابي ، يقوم هوائيا الاستقبال والارسال بملاحقة الهدف بالاتجاه ($1= g_{MM}(\varphi_o)$) ، فيمكننا أن نحول المعادلة (14–23) إلى الشكل الآتي :

$$\frac{D_0^2}{D_n^2} = \frac{C_2^2}{D_{CO}^2\cdot g_{nM}\cdot(\varphi_{nn})} \qquad (25\text{-}14)$$

يذكرنا شكل المعادلة (14–25) جداً بالمعادلة (14–18) ، الأمر الذي يسمح باستخدام نتائج حل المسألة رقم /2/ . وفي الواقع ، يمكننا تحويل دارة التوجيه الذاتي الراداري لتلائم مخطط المسألة رقم /2/ (الشكل 14–7) ، إذا افترضنا أن خط الاتصال المباشر هو الهدف O ، العاكس للاشارات الراديوية ويعبر عن نفسه كمرسل ، استطاعة اشعاعه تعطى بالمعادلة :

$$P_{co} = \frac{P_s.G_s}{4\pi.D_{co}^2} . \mathfrak{S}_o$$

وأن المستقبل ، مركب في رأس التوجيه الذاتي . عندها ، إذا اعتبرنا محور السينات هو الاتجاه Oπ ، ومحور العينات ـ العمود المقام من النقطة O ، فباستخدامنا للمعادلات (14–18) و(14–19) و(14–20) نستطيع استنباط قطاع الاعماء . وعند ذلك يجب استبدال القيمة C_1^2 بالقيمة :

$$C^* = \frac{C_2^2}{D_{co}^2 . g_{nM}(\varphi_{nn})}$$

واستبدال القيمة D ، بالمسافة بين مصدر التشويش والموقع المراد تغطيته O (الشكل 14–8). إن قطاع الاعماء هو عبارة عن دائرة ، أو كامل المستوى بعد حذف دائرة ما ، تتعلق مساحتها بالقيمة *C إن كانت أصغر أو أكبر من الواحد الصحيح .

ومن الاستنتاجات التي حصلنا عليها من حل المسألة رقم /2/ ، معروف لدينا أنه عندما تكون 1>c* ، نحصل على قطاع غير خاضع للاعماء وذلك حول مصدر الاشارة (في هذه الحالة حول الموقع O) ، يحدد نصف قطر هذا القطاع عن طريق المعادلة (14–19) ويتعلق طرداً بالقيمة *C . لكن *C لا تتعلق فقط بمواصفات محطة التشويش والمسطرة الراديوية (المجتمعة من خلال القيمة C_2) ، بل ببعد الموقع المراد حمايته عن مرسل المسطرة (D_c) وبعامل تضخيم هوائي المستقبل في الاتجاه إلى مرسل التشويش ، أي بقيمة $g_{nM}(\varphi_{nn})$.

وكلما اقترب الموقع (مع مصدر التشويش) من مرسل المسطرة الرادارية ، أي كلما قصرت المسافة D_c ، تزيد قيمة *C وتصبح أكبر من الواحد الصحيح . وفي هذه الحالة يكون قطاع الاعماء عبارة عن دائرة ، يقع مرسل التشويش في مركزها ، وعندها يصبح الموقع المراد حمايته خارج قطاع الاعماء .

بهذا الشكل نحصل على المسافة الحدية $D_{cn}= D_c$ ، التي يكون فيها التشويش غير فعال وذلك عند القيم المعطاة لـ (C_2) و$g_{nM}(\varphi_{nn})$. تحدد المسافة D_c نصف قطر الدائرة ، التي مركزها في موقع مرسل المسطرة الراديوية . ومحيط هذه الدائرة عبارة عن حدود قطاع الاعماء ، الذي هو كامل المستوى ، مطروحاً منه دائرة ذات نصف قطر يساوي D_m ومركزها في مكان نشر مرسل المسطرة

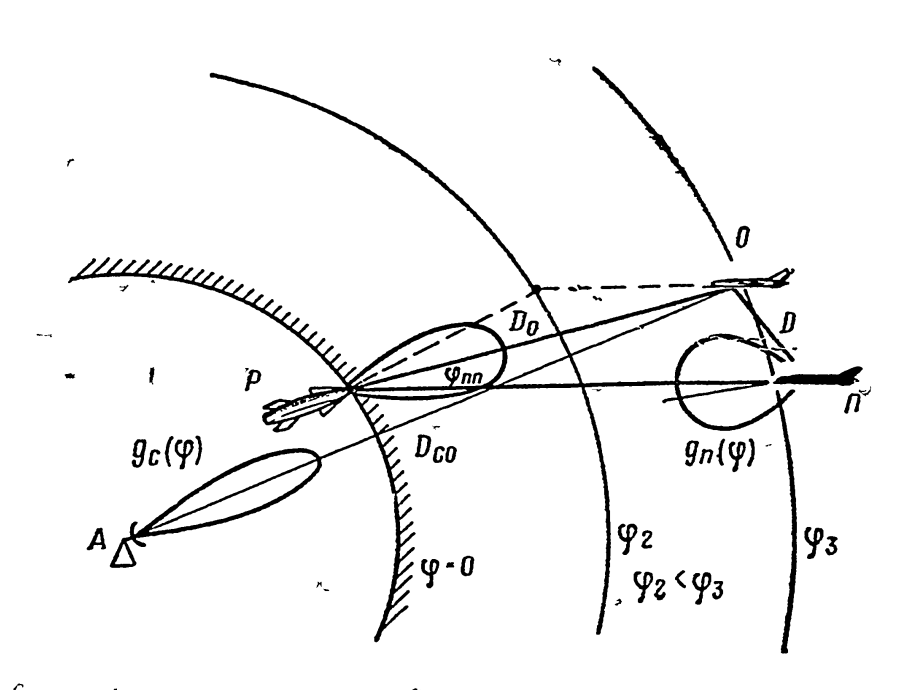
الراديوية . تحدد قيمة نصف القطر D_{cn} من العلاقة $C^*=1$ ، أي :

$$\frac{C_2^2}{D_{cn}^2 \cdot g_{nM}^2(\varphi_{nn})} = 1$$ أو

$$D_{cn} = \frac{C_2^2}{g_{nM}(\varphi_{nn})} \qquad (26\text{-}14)$$

ومن المساواة (14–26) نستنتج : أولاً ، أن مساحة قطاع الاعماء لا تتعلق بالمسافة بين المواقع المراد حمايتها ورأس التوجيه الذاتي ، ثانياً ، أنه كلما زادت قيمة $g_{nM}(\varphi_{nn})$ (أي كلما كانت φ_{nn} أصغر) ، كلما زادت مساحة قطاع الاعماء (D_{cn} أصغر) .

يوضح لنا الشكل (14–9) علاقة قطاع الاعماء بالقيمة $g_{nM}(\varphi_{nn})$ للمسطرة الراديوية ذات رأس التوجيه الذاتي النصف ايجابي .



الشكل (14–9) قطاع اعماء مسطرة التوجيه الذاتي الرادارية النصف إيجابية .

يتشكل أكبر قطاع اعماء ، إذا تم تركيب مرسل التشويش في الموقع المراد حمايته . عندها ، في المعادلة (14–25) يجب اعتبار أن $D_0 = D_T$ و$g_{nM}(\varphi_{nn})=1$ ونتيجة لذلك تحصل على معادلة اعماء على الشكل التالي :

$$D_{cn.} = C_2$$

أي أن قطاع الاعماء سوف يحتل كامل المستوى مطروحاً منه دائرة ذات نصف قطر :

$$D_{cn.} = \sqrt{K_n \frac{\Im_o}{4\pi} \cdot \frac{P_s.G_s}{P_n.G_n} \cdot \frac{\Delta f_n}{\Delta f_{Res.}\gamma_n} g_{nc}} \qquad (27\text{-}14)$$

من المعادلة (14-27) نستنتج أنه لزيادة مساحة قطاع الاعماء من الضروري :

- رفع قيمة استطاعة محطة التشويش .
- تخفيض قيمة عامل الاعماء γ أي اختيار التشويش الأكثر فاعلية ،
- تخفيض مساحة السطح العاكس الفعال للموقع المراد حمايته .

المسألة رقم /4/ .

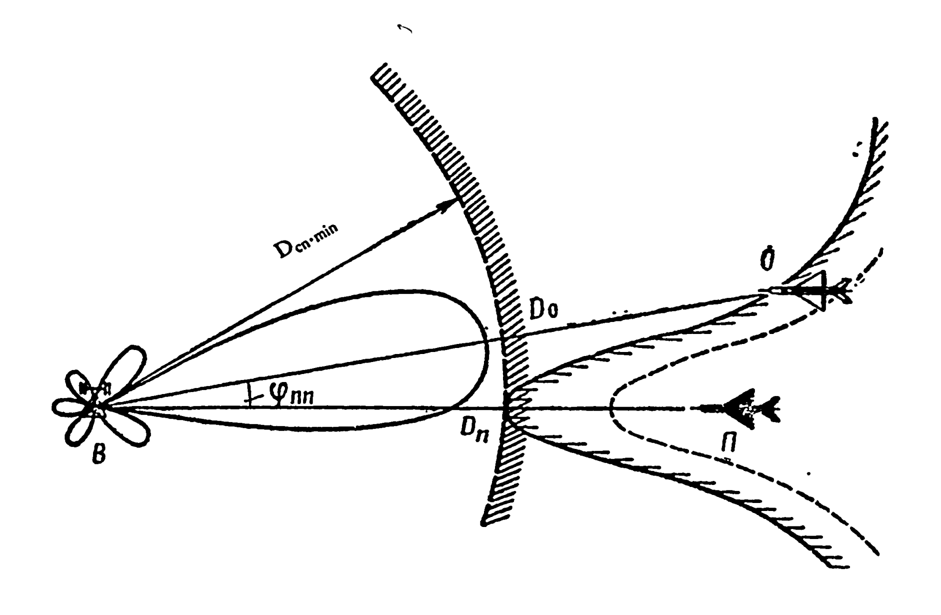
تحديد قطاع اعماء المسطرة الراديوية الايجابية .

من الضروري ، إذا درسنا الحالة العامة ، التي يكونا فيها مرسل التشويش الراديوي والموقع المراد حمايته في مكان واحد ، أن نعود إلى المعادلة (14-23) ونعتبر أن $D_{co}= D_0$ و$g_s(\varphi) = g_{nM}(\varphi)$ و$\varphi_o = \varphi$. إن شرط $O = \varphi_s = \varphi_o = O$ ، هو شرط صحيح لأنه أثناء إجراء الحسابات للمعاكسة الالكترونية يأخذون بعين الاعتبار الحالة الأسوأ ، عندما تكون الاشارة المنعكسة أعظمية .

وفي مثل هذه الظروف تأخذ معادلة الاعماء الشكل الآتي :

$$D_{cn} = \sqrt{\frac{K_n}{4\pi} \cdot \frac{P_s.G_s}{P_n.G_n} \cdot \frac{\Delta f_n}{\Delta f_{Res.}\gamma_n} g_{nc}^2 \cdot \frac{\Im_o.D_n^2}{g_s^2(\varphi_{nn})}}; \qquad (28\text{-}14)$$

وهي عبارة عن حدود قطاع الاعماء حسب نظام الاحداثيات القطبي ، الذي مركزه يقع في مكان نشر محطة الرادار (النقطة B) ومحورها الابتدائي ، يمر خلال الاتجاه من محطة الرادار إلى مصدر التشويش (الشكل 14-10) . إن أنصاف الأقطار - المحاور الآنية هي القيم D_{cn} ، والزاوية φ_{nn} . تحدد أبعاد القطاع بالمسافة D_n من محطة الرادار حتى مصدر التشويش ، مع العلم أنه كلما ازدادت قيمة D_n ، تنخفض مساحة قطاع الاعماء .



الشكل (14–10)

قطاع اعماء المسطرة الرادارية الايجابية .

إذا وقع مصدر التشويش في الطائرة المغطاة أو بالقرب المباشر منها ، عندها يكون $D_n = D_o$ وφ_{nn} =O ، ومعادلة الاعماء تصبح على الشكل التالي :

$$D_{cn} = \sqrt{\frac{K_n}{4\pi} \cdot \frac{P_s G_s}{P_n . G_n} \cdot \frac{\Delta f_n}{\Delta f_{Res} \gamma_n} \cdot \mathfrak{S}_o} = \text{con st.} \qquad (29\text{-}14)$$

أي أن حدود قطاع الاعماء سوف تعبر عن نفسها بمحيط دائرة نصف قطرها يساوي D_{cn} .min ومركزها يقع في مكان نشر محطة الرادار (النقطة B) . أما قطاع الاعماء فسوف يحتل كامل المستوى ما عدا دائرة بنصف قطر قدره $D_{cn \cdot min}$. وحددت هذه الحدود على الشكل (14–10) بخطوط متقطعة .

تسمى قيمة $D_{cn \cdot min}$. المحددة المعادلة (14–29) المدى الأصغري لتاثير التشويش . تفسر محدودية قطاع الاعماء بأنه كلما نقصت المسافة بين مصدر التشويش ومحطة الرادار ، ترتفع قيمة استطاعة التشويش P_{nin} على مدخل المستقبل حسب القانون التربيعي ، أما استطاعة الاشارة P_{sin} فحسب قانون (القوة اربعة) ، لهذا تصبح النسبة $P_{n \cdot in} / P_{s \cdot in}$ على مدى معين $D_{cn \cdot min}$. أصغر من عامل الاعماء عندها يبدأ الهدف بالظهور .

يمكننا تقييم إمكانية الاعماء بالتشويش باستخدام طريقة تحديد قطاع الاعماء حين تطبيقه على وسائط العدو الراديوية إذا كانت المواصفات الفنية والتكتيكية الرئيسة لهذه الوسائط معروفة مسبقاً .

رابعا ـ المؤشرات الطاقية (الاستطاعة) لتاثير التشويش الراديوي .

إن عامل الاعياء هو القيمة الصغرى لنسبة استطاعة التشويش إلى استطاعة الاشارة عند مدخل المستقبل ضمن حدود المجال الامراري للجزء الخطي من المنحني البياني التي تؤمن خسارة محددة من المعلومات . لنشرح هذه النسبة بين استطاعة التشويش واستطاعة الاشارة المستخدمة في هذا التعريف .

يختار المجال الامراري Δf_{np} للمستقبل بذلك الشكل ، الذي تمر فيه الاشارة دون تشويه . وفي هذا الزمن ، يكون عرض قطاع التشويش f_n إما مساوياً لعرض طيف الاشارة (للتشويش التقليدي) ، أو يزيد عنه (للتشويش التمويهي) . إلا أنه لا يؤثر على المستقبل إلا طاقة ذلك الجزء من طيف التشويش الذي يقع ضمن حدود المجال الامراري ، وبالتالي لا يمكن أن نأخذ بعين الاعتبار إلا هذا الجزء .

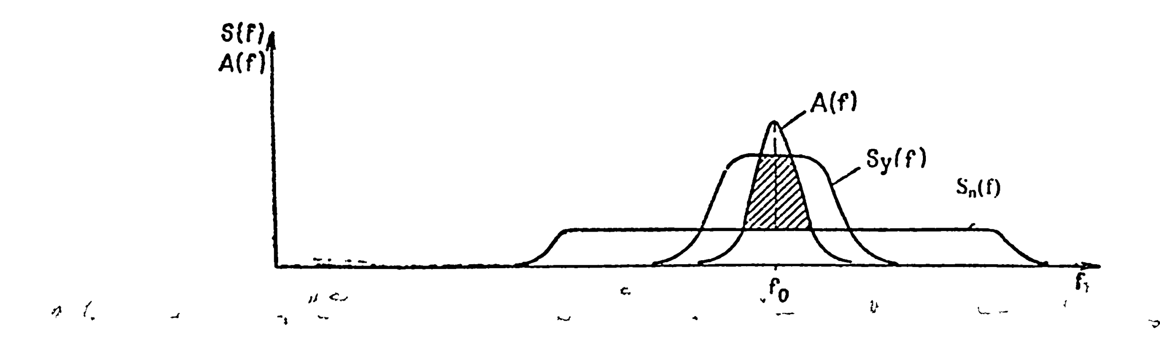
فإذا استخدمنا في حساباتنا كامل استطاعة التشويش الواردة إلى نقطة الاستقبال فعندها سنصل إلى أمر مفاده أن التشويش ذي الطيف الضيق والعريض والمتساوي بالاستطاعة ، عند ثبات نسبة استطاعة التشويش إلى استطاعة الاشارة في نقطة الاستقبال ، يسبب خسارات مختلفة لأن استطاعة التشويش ، الداخل إلى المستقبل في كلا الحالتين ستكون مختلفة . يعرض لنا الشكل (14–11) هذا الأمر ، حيث :

S_n (f) ـ طيف التشويش العريض ،

S_y (f) ـ طيف التشويش الضيق ،

A (f) ـ المنحني المطالي ـ الترددي البياني للمستقبل .

تتناسب المساحتان ، اللتان يحددهما $S_n(f)$ و$S_y(f)$ ومحور السينات تناسباً طردياً مع استطاعات التشويش وهما متساويتا القياس عند شروط المساحة هذه (الشكل 14–11) ، يميزون المنحنيات المطالية الترددية المحدودة والمنتمية للتشويش الواسع وضيق المجال بالقيمة الموافقة للمساحة المخططة ، المتناسبة طرداً مع فرق استطاعتي التشويش الضيق المجال والتشويش الواسع المجال ، المؤثر على المستقبل .



الشكل (14-11)

أطياف التشويش ضيق المجال وواسعه .

يؤخذ المجال الأمراري للمستقبل فقط لجزئه الخطي من المنحني البياني ، أي حتى الكاشف السعوي (أو الترددي) . في مثل هذه الظروف تهمل ضرورة حساب مواضفة العنصر غير الخطي - الكاشف . وينفرد بهذه المواصفات ، إلى حد بعيد ، كل جهاز كشف الأمر الذي يعقد إدخال طيفي الأشارة والتشويش المتشكلين في الحساب ، هذان الطيفان الناتجان من مختلف المركبات الترددية للاشارة والتشويش في العنصر اللاخطي .

تتسم عملية تقييم المقدار لنسبة استطاعة التشويش إلى استطاعة الاشارة عند مدخل خط الاستقبال بإهمالها حساب عامل تضخيم الخط عند مختلف قيم الآثار الدخلية ، أي المواصفة السعوية .

ترتبط ظروف تحديد عامل الاعماء ، عندما تكون قيمة نسبة استطاعة التشويش إلى استطاعة الاشارة أصغرية ، بأنه يجب أن يكون عامل التضخيم هو قيمة عتبية (حدية) لهذه النسبة لكي نستطيع بمساعدته تحديد حدود قطاع الاعماء .

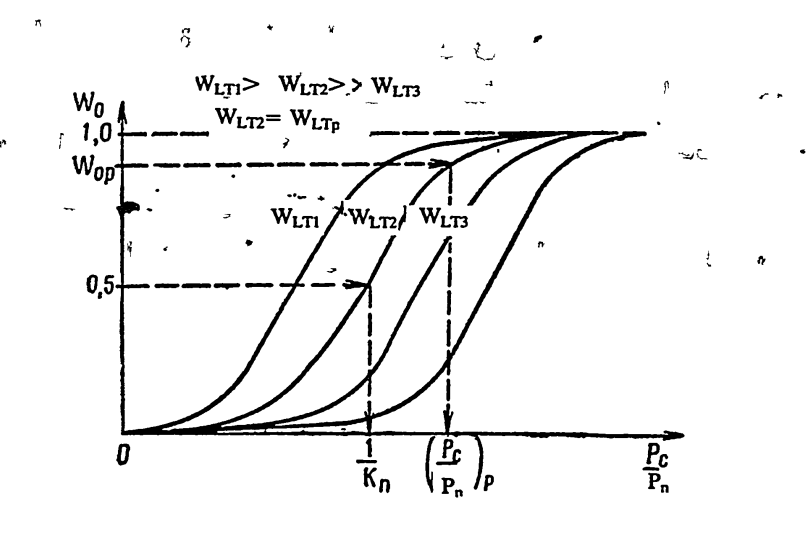
والمسألة الأهم لتحديد عامل الاعماء هي مفهوم الخسارة الناتجة في المعلومات . يتعلق هذا المفهوم بشكل الواسطة الراديوية المقصود اعمائها ، وبالمهام التي تنفذها .

لندرس هذه المسألة ، آخذين كمثال محطة رادار الكشف .

تقيم مقدرة محطة الرادار على استقبال الاشارات وتأمين اصدار المعلومات بواسطة مهام الكشف ، التي يسمونها ايضاً بمواصفات عمل المستقبل (الشكل 14-12) . وهي عبارة عن علاقة احتمال الكشف ω_0 بنسبة استطاعة الاشارة P_s إلى استطاعة التشويش P_n للمستقبل عند خرج جزئه الخطي ، وإن احتمال الانذار الكاذب هو مؤشر مجموع المواصفات (ω_{LT}) والذي يحدد مستوى عتبة الكشف :

وعندما تعمل محطة الرادار في ظروف غياب التشويش الراديوي المنظم بطريقة تعيير تضخيم

المستقبل ، يتم وضع قيمة محددة بشكل دقيق لاحتمال الانذارات الكاذبة ω_{LT}. ، الذي يحدد أحد مواصفات هذه المجموعة . حسب القيمة المطلوبة لاحتمال الكشف ω_{RRF}. من أجل الحصول الأمين على المعطيات ، يمكننا تحديد نسبة استطاعة الاشارة إلى استطاعة التشويش $(P_s/P_n)_{TP}$. لحساب المدى الأعظمي للكشف .



الشكل (14–12)

مواصفات محطة رادار الكشف .

يؤثر التشويش الاصطناعي ذا الطبيعة الصدفية على المستقبل ، ويؤدي إلى إنقاص قيمة النسبة P_s/P_n ، وعند المحافظة على مستوى الانذارات الكاذبة W_{LTP} ، ينخفض احتمال الكشف ، كما تشير إلى ذلك المواصفة الموافقة W_{LTP} (الشكل 14–12) وعند قيمة معينة لاحتمال الانذارات الكاذبة W_{LTP} ، يمكن لاحتمال الكشف أن ينخفض (ω_o) حتى تلك القيمة ، التي عندها لا نستطيع الحصول على اية معلومات . لنفرض أن هذا يتم عندما تكون $\omega_o=0{,}5$ عندها يكون احتمال الكشف المناسب لهذه القيمة مساوياً للواحد مقسوماً على قيمة عامل الاعماء $(1/K_n)$. تستخدم القيمة الناتجة بهذا الشكل (K_n) لتحديد وسائط تشكيل التشويش الراديوي وحساب حدود قطاع الاعماء .

يمكن الحصول على المواصفات الضرورية للكشف بواسطة نظرية الكشف ، التي تم التوسع في بحثها في الوقت الحاضر . والطريقة الأخرى ـ تجريبية ، تنحصر في أننا نحصل على مواصفات الكشف بالطريقة التجريبية ، باستخدام مستقبل شبيه بمستقبلات محطات رادار العدو وندخل إلى المعلومات الناتجة تصحيحات ، تناسب الاختلافات الممكنة بين الأصل والتقليد .

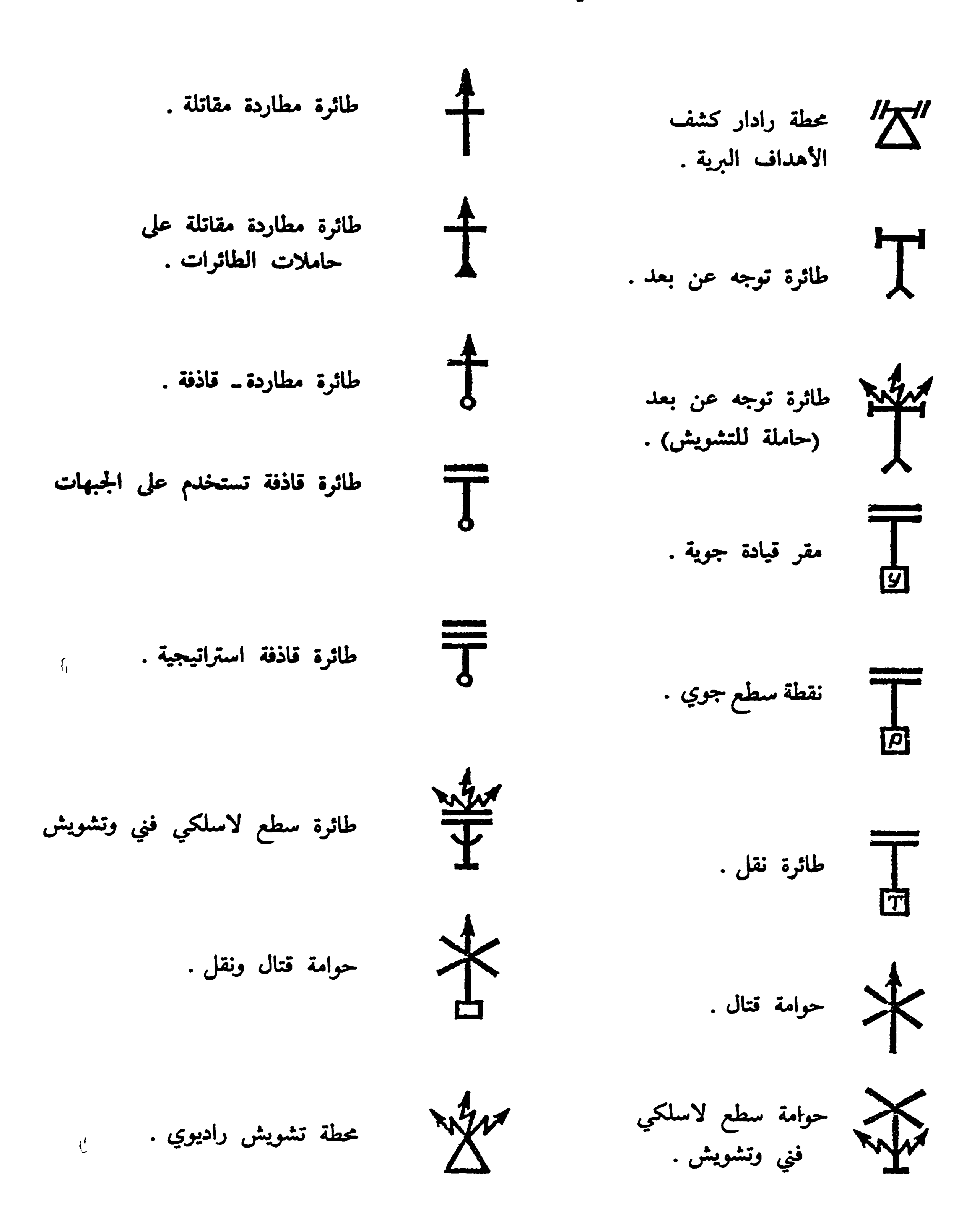
إن طريقة تحديد عامل اعماء الوسائط الرادارية ذات الملاحقة الأوتوماتيكية بالمسافة ، الاتجاه

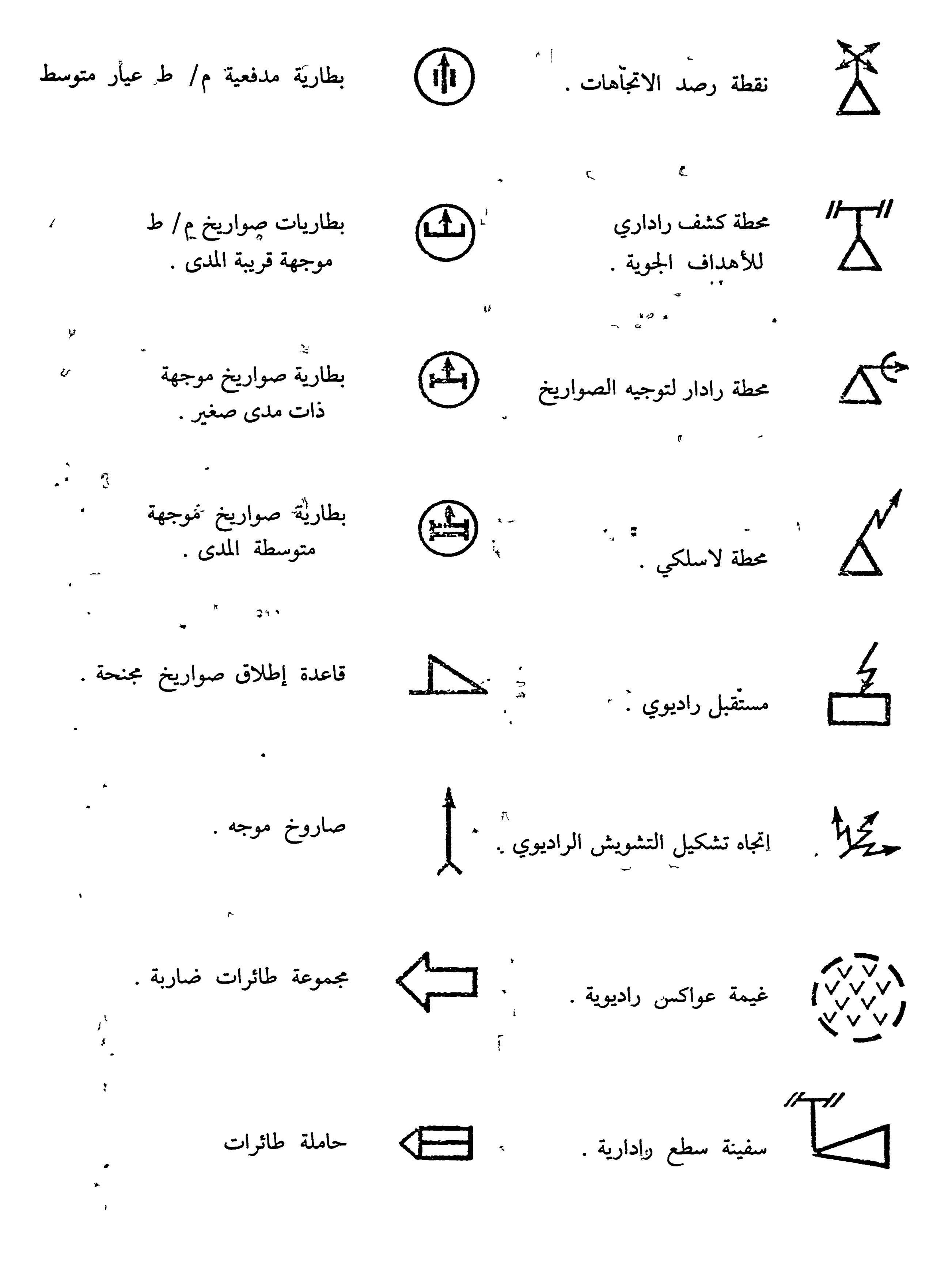
والسرعة ، هي طريقة مشابهة لما ذكر سابقاً . لكنهم يستخدمون علاقات أخطاء الملاحقة بدلاً من مواصفات الكشف ، تلك الأخطاء الناتجة أثناء تأثير التشويش من جراء قيمة نسبة استطاعة الاشارة إلى استطاعة التشويش .

وعند تحديد عامل إعماء خطوط اتصالات القيادة والتحكم ، يمكننا استخدام علاقة عامل القيادة بنسبة استطاعة الاشارة إلى استطاعة التشويش .

يتعلق إعداد وتنفيذ وتقدير عامل أساليب المعاكسة الالكترونية إلى حد بعيد بدرجة استكمال المعلومات عن هذه الوسائط . لهذا يكون العمل الثابت والحيوي لوسائطنا الراديوية في ظروف استخدام العدو لمختلف أساليب ووسائط اعمائها ، مؤمناً عند تنفيذ جميع الاحتياطات للمحافظة على سرية العمل وحجب المواصفات الفنية والتكتيكية لهذه الوسائط عن العدو .

* ملحق ـ الرموز المستخدمة في حلف الناتو لمعدات الحرب الالكترونية وحاملاتها




نقطة رصد الاتجاهات .
بطارية مدفعية م/ ط عيار متوسط
محطة كشف راداري
للأهداف الجوية .
بطاريات صواريخ م/ ط
موجهة قريبة المدى .
محطة رادار لتوجيه الصواريخ
بطارية صواريخ موجهة
ذات مدى صغير .
محطة لاسلكي .
بطارية صواريخ موجهة
متوسطة المدى .
مستقبل راديوي .
قاعدة إطلاق صواريخ مجنحة .
إتجاه تشكيل التشويش الراديوي .
صاروخ موجه .
غيمة عواكس راديوية .
مجموعة طائرات ضاربة .
سفينة سطع رادارية .
حاملة طائرات

الحرب الالكترونية

في الاعمال القتالية

المقدمة

تهدف الحرب الالكترونية في الاعمال القتالية كشف واعاقة أو قطع عمل وسائط ومنظومات الاتصالات اللاسلكية والرادارية والراديوية الملاحية ، التي تقوم بتوجيه عمل الطيران والقوات البحرية المعادية ، وايضاً تأمين العمل الثابت والأمين للقوى والوسائط الصديقة . واشير في توجيهات وزارة دفاع الولايات المتحدة الامريكية وفي أوامر مجلس رؤساء اركانها وما حصل عليها من تعديلات ، في عام 1983 الى : (. . . لكي نصل الى تحقيق مهمة تجميد امكانيات العدو القتالية ، التي تتزايد بفضل استخدامه لعلم الالكترونات الراديوية ، يجب على القادة من مختلف المستويات كشف المفاصل الهامة في هذا المجال ، المتوفرة لدى العدو وتوجيه ضربات نارية واستخدام طرق الاعماء الالكتروني ضدها ، التي يجب اعتبارها عاملاً لرفع القدرة القتالية للقوات الصديقة . ويمكن للادارة الناجحة للصراع الالكتروني أن تؤمن مساهمة جوهرية في الوصول الى النصر) .

وحسب وجهات نظر قيادة حلف الناتو ، الذي تتزعمه الولايات المتحدة الامريكية ، يجب ان تتفق مهمات الحرب الالكترونية في مجرى الاعمال القتالية مع طبيعة المهمات القتالية المراد تنفيذها ومع المسرح الالكتروني الراديوي المتشكل .

يشار في وثائق الانظمة العسكرية للولايات المتحدة الى ان الحرب الالكترونية « . . . هي عبارة عن واسطة هجومية فعالة في الصراع ضد العدو ، تُكمل اساليب المناورة واستخدام النيران بشكل جوهري » .

ويعتبرون أن اعمال القوات يجب أن تكون موجهة بذلك الشكل ، الذي يتم فيه تشكيل قوة ضاربة بالنيران وبالمناورة وباستخدام اساليب الصراع الالكتروني . وفي الظروف الحديثة يصبح (الاثير) حلبة صراع لا تقل أهمية عن الارض والبحر والجو .

يعتبر الاعماء الالكتروني جزءاً رئيسياً من اجزاء الحرب الالكترونية ، تقوم به وحدات متخصصة ، وطائرات وسفن الحرب الالكترونية ، المسلحة بتكنولوجيا السطع الالكتروني الراديوي والتشويش السلبي والايجابي ، وبوسائط تشكيل الاهداف الكاذبة والمصائد . الى جانب ذلك ، تُركب وسائط المعاكسة الالكترونية على الطائرات والسفن والدبابات . وتمتلك الوحدات التابعة لمختلف صنوف القوات المسلحة وسائط تمويه رادارية وحرارية وضوئية . ولزيادة فاعلية الصراع الالكتروني تنحى الدول الغربية الى خوض الصراع لا مع الوسائط الالكترونية الراديوية المنفردة بل مع منظومات توجيه القوات والوسائط .

ويعيرون اهتماماً شديداً لتنظيم وخوض الصراع الالكتروني في العمليات والمعارك الجوية ـ الارضية ـAirland Battle وهو المفهوم الرئيسي لخوض الاعمال القتالية حتى عام 2000 ، مع الاخذ بعين الاعتبار التغير الحاصل في تسليح وتنظيم قوات الولايات المتحدة المسلحة حسب برنامج « الجيش ـ 90 » و « القوى الجوية ـ 2000 » . وينحصر جوهر هذا المفهوم في تدمير العدو اثناء خوض الاعمال القتالية على مسرح الحرب الاوروبي وعلى كامل العمق العملياتي له في نفس الوقت ، وذلك بالاستخدام المركب للاسلحة الذرية والكيماوية واسلحة الدقة العالية العادية ووسائط الصراع الالكتروني والقوات البرية والطيران التكتيكي والاساطيل الحربية البحرية والمشاة البحرية . بتعاونها الوثيق على المستويين العملياتي والتكتيكي .

ويعتبرون ان افضل فكرة للعملية الجوية ـ البرية هي « التدمير العميق » للعدو ، عن طريق تنفيذ الاعمال المنسقة بين طيران القوى البرية والجوية التكتيكي وقوى ووسائط ذات قيادة واحدة ، تابعة لوحدات وتشكيلات القوى البرية في النسق الثاني أو الاحتياطية . ويمكن التوصل الى هذا الهدف باستخدام الاساليب التالية :

الاول ـ تدمير قوات النسق الثاني باستخدام الطيران القاذف ومنظومات السطع الضاربة ومدفعية الميدان . ويخطط لاستخدام الاعماء الالكتروني بهدف عزل مسرح الاعمال القتالية وعدم السماح لتحشد جهود الانساق الاولى وايقاع الطرف المعادي بحالة ضياع .

الثاني ـ التدمير الناري بواسطة منظومات السطع الضاربة ومجموعات الطيران المغيرة للانساق الثانية والمجموعات التي تنفذ مناورات في اجنحة القوات المعادية وفي مؤخراتها .

الثالث ـ التدمير الناري ، على التوازي ، مع الاعماء الالكتروني لأنساق العدو الاولى والثانية بواسطة اعمال قتالية جبهوية والقوات الجوية سريعة الحركة ونيران المدفعية والطيران التكتيكي لسلاحي الطيران والجيش وقوى ووسائط الحرب الالكترونية .

الرابع ـ تحييد قوات العدو أو تجريده منها عن طريق تدمير وسائطه النارية واسلحته النووية وطيرانه وهو جاثم في المطارات ، بواسطة الطيران ومدفعية الميدان .

تعتبر مقرات القيادة وعقد الاتصالات والاسلحة الصاروخية النووية والقوات المحتشدة ، استعداداً للمسير ، والمطارات وعقد المواصلات ووسائط الدفاع الجوي والاستطلاع والحرب الالكترونية ، اهدافاً ذات اولوية للتدمير الناري والاعماء الالكتروني .

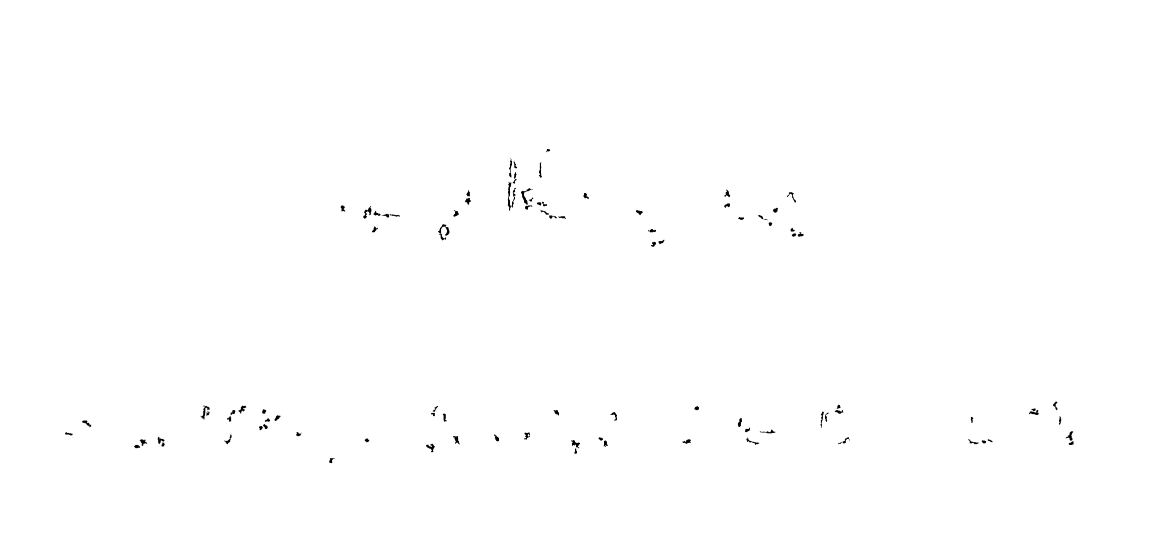
ويعتبر الاخصائيون الامريكيون العسكريون أنه يتم التنفيذ الناجح للعملية الجوية البرية فقط ، في حالة التوزيع الدقيق لمناطق المسؤوليات على مختلف درجات القيادة وزيادة نصيب القيادة العليا في تدمير العدو في هذه المناطق وذلك من قبل الوسائط التابعة لها . وهذا الأمر يساعد على تحقيق المهام

العسكرية من قبل القوات المرؤوسة . ويعتبرون أنه من المفيد ، اثناء تنفيذ العملية « المعركة » الجوية ـ البرية ، تطبيق قيادة امينة وثابتة وعملياتية للقوات والاسلحة بتنسيق وتعاون مستمرين . وعند تطبيق مثل هذا التنظيم والتعاون ، تُناط قيادة القوات المنفذة الى القادة البريين ، الذين وحسب اوامر انظمة الخدمة العسكرية يجب ان يقدموا المبادرات ، وأن يسعوا للوصول الى العمق اللازم وسرعة التنفيذ وتنسيق الاعمال ، في ظروف الاعماء الالكتروني الايجابي وامكانية اعماء شبكات الاتصالات اللاسلكية ، مع القيادة الاعلى .

ويعتبرون ، أنه اثناء خوض العملية الجوية البرية يجب على قادة الاجنحة البرية ، تركيز الاعمال القتالية ، استخدام الطيران التكتيكي والصواريخ العملياتية التكتيكية ووسائط الصراع الالكتروني البرية والجوية لتدمير العدو في العمق حتى مسافة 150 كم من خط الجبهة . أما قادة الفرق فأثناء قيادة قواتهم في مجرى المعركة يستطيعون استخدام الطائرات والحوامات التكتيكية وطيران الجيش ووسائط اطلاق القذائف النفاثة وسلاح المدفعية ووسائط الصراع الالكتروني الذاتية والملحقة للتأثير على العدو حتى مسافة 70 كم في العمق . أما قادة الالوية فأثناء قيادتهم للمعركة وللضربات الموجهة ضد نسق العدو الاول ، المحصور ضمن قطاع مسؤوليات الالوية ، فيؤثرون على العدو بواسطة الحوامات والطائرات القتالية ومدفعية الميدان ووسائط الصراع الالكتروني الذاتية والملحقة .

الباب الخامس عشر

الحرب الالكترونية في عمليات القوات البرية القتالية.



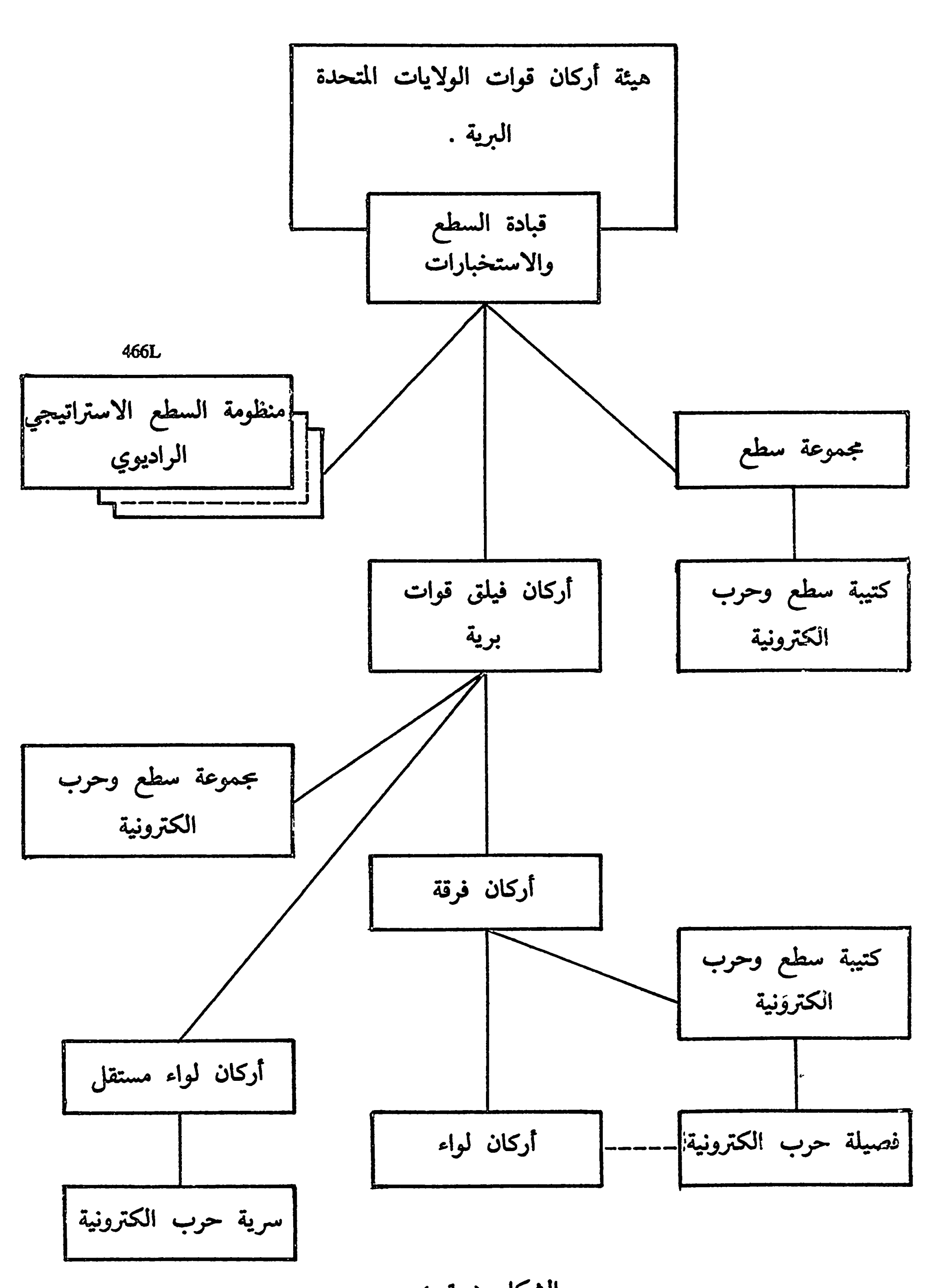
اولاً - قوى ووسائط الاعماء الالكتروني في القوات البرية .

يتبع وحدات وتشكيلات القوات البرية الرئيسية ، في الدول الغربية ، وحدات فرعية وسرايا سطع الكتروني فني وحرب الكترونية وذلك لكشف واعماء منظومات قيادة وسطع وتوجيه الاسلحة المعادية . وهذه الوحدات مسلحة بوسائط سطع وتشويش مركبة في عربات عادية ومصفحة وفي الطائرات والحوامات والمناطيد . الى جانب ذلك ، يمكن استخدام مرسلات تشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة ، تسقط في منطقة انتشار وسائط العدو الالكترونية الراديوية وذلك بواسطة قذائف مدفعية وطائرات وحوامات ويمكن نشرها على ارض العدو من قبل مجموعات سطع وتخريب .

وعلى اساس تحليل خبرة الاعمال القتالية ، التي دارت في جنوب شرق آسيا ، أتخذ قرار في الولايات المتحدة عام 1973 يقضي توحيد وحدات السطع والحرب الالكترونية التابعة للقوى البرية . وتقوم وحدات السطع والحرب الالكترونية الموحدة بمهام كشف الاتصالات اللاسلكية واللاسلكية الموجهة للقوات البرية والجوية ومحطات رادار السطع البري والدفاع الجوي وإعمائها بواسطة التشويش وايضاً لحل مسائل تأمين العمل الامين لوسائطها ووسائط معاكسة المعاكسة الالكترونية .

يدخل في عداد قوات الولايات المتحدة البرية (انظر الشكل 1) بمعدل سرية حرب الكترونية لكل لواء ولكل فوج مدرع مستقل ، وكتيبة سطع وحرب الكترونية لكل فرقة مدرعة أو فرقة مشاة ميكانيكية أو فرقة انزال جوية ، ومجموعة سطع وحرب الكترونية لكل فيلق من القوات البرية . الى جانب ذلك ، يمكن تقديم الدعم لوحدات القوى البرية من قبل وحدات السطع والمخابرات الثابتة والمتحركة التابعة للولايات المتحدة والموجودة في مناطق ومسارح الاعمال القتالية . ويخطط لتقديم الدعم لكل فيلق من فيالق القوى البرية من قبل كتيبتي حرب الكترونية احداهما برية والاخرى جوية ، مسلحتين بمحطات التقاط الاتصالات اللاسلكية القصيرة والقصيرة جداً وسطع محطات الرادار ووسائط لتحديد اتجاهات الاشعاعات الواردة وتحليل المعلومات المستقاة ووسائط للتشويش الراديوي ، وذلك اثناء خوض الاعمال القتالية .

أما في المانيا الغربية فيدخل ضمن هيكل فرق القوات البرية سرايا سطع لاسلكي فني وحرب الكترونية . وفي القوات البرية الفرنسية ، يوجد فوج حرب الكترونية لكل فرقة يضاف اليها سرية



الشكل (1)

مخطط تنظيم الحرب الالكترونية في القوات البرية الامريكية .

حرب الكترونية احتياطية ، عندما تدعو الحاجة لزيادة الدعم الالكتروني لفرقة ما .

تنتشر في مسرح الاعمال القتالية في وسط اوروبا 13 سرية تدخل في عداد القوات البرية للولايات المتحدة الامريكية (في عداد الالوية والافواج المدرعة المستقلة الامريكية وفرق المانيا الغربية) ، و 7 كتائب سطع وحرب الكترونية (في اربعة فرق وثلاثة فيالق المانية غربية) ، ومجموعتا سطع وحرب الكترونية (في الفيلقين الخامس والسابع البريين الامريكيين) . تؤمن وسائط هذه الوحدات الفنية سطع الوسائط الالكترونية الراديوية البرية والجوية اللاسلكية واللاسلكية الفنية (الرادارية) واعمائها بالتشويش على مدى يصل الى 100 كم .

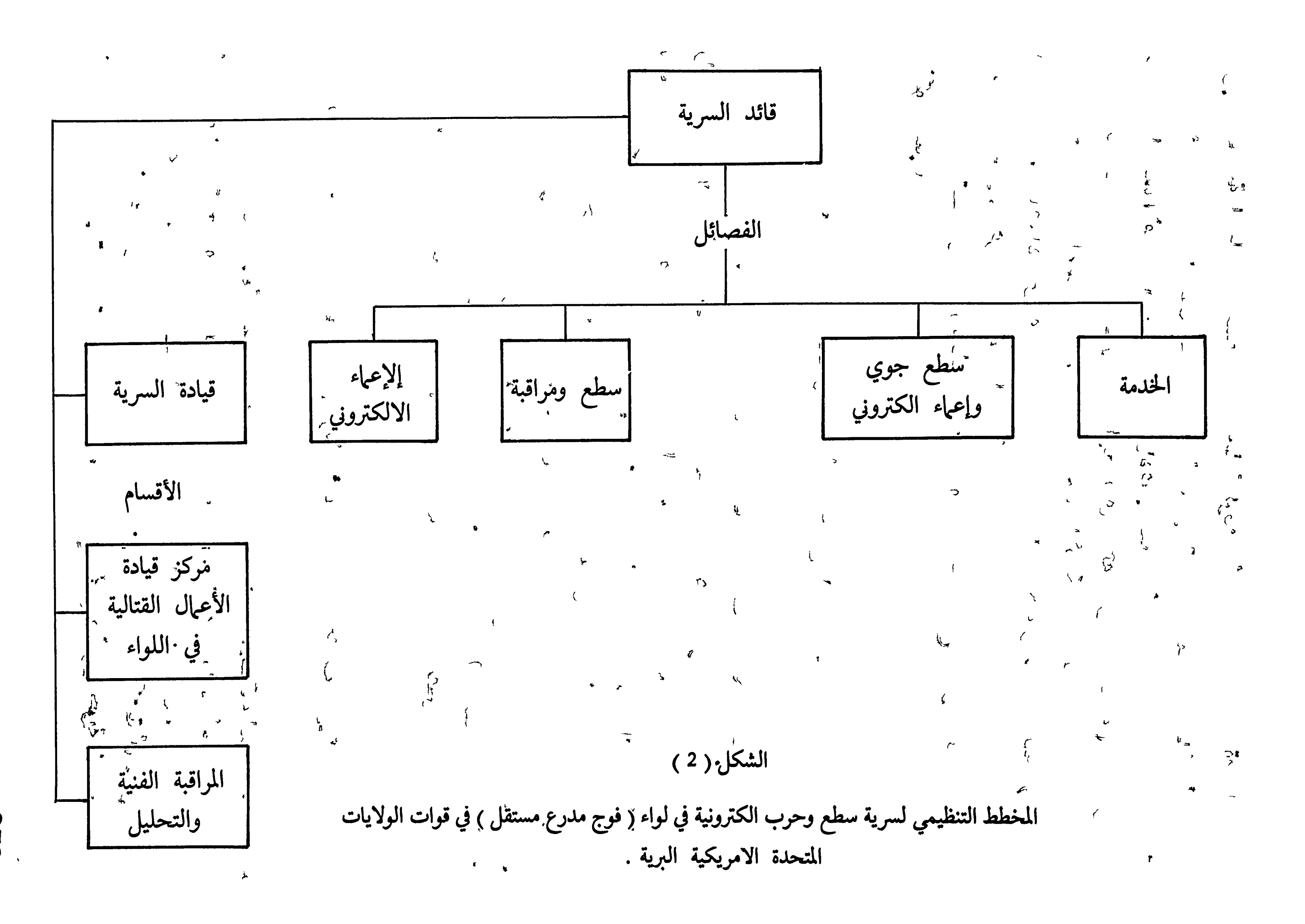
لندرس تنظيم وتسليح وامكانيات وحدات وتشكيلات السطع والحرب الالكترونية القتالية المذكورة سابقاً .

سرية السطع والحرب الالكترونية في لواء مستقل (فوج مدرع مستقل) .

تقوم هذه السرية بمهمة كشف وسائط ومنظومات الاتصالات اللاسلكية ومحطات رادار كتائب وافواج النسق الاول للعدو واعمائها الكترونياً . يدخل في عدادها (انظر الشكل 2) قسمان وفصيلتا وسائط فنية . وكل منها مسلحة بست محطات للسطع اللاسلكي البري نموذج TSQ – 114a ومحطتي سطع لاسلكي فني (راداري) وست محطات تشويش برية ضد الاتصالات اللاسلكية القصيرة والقصيرة جداً نماذجها TLQ – 17a و MLQ – 34 ومحطتي تشويش متعددة المهام نموذج ULQ – 14 ومنظومتي سطع وتشويش راديوي نموذج ALQ – 143 مالتوس و ALQ – 151 كويك فيكس ـ 2 ، مركبة على حوامات طراز EH – 60A وتسع محطات رادار نموذج PPS – 5 ايضاً . تستطيع هذه الانظمة القيام بمراقبة 27 اتصال لاسلكي و 12 محطة رادار واعماء (6ـ 9) اتصالات لاسلكية على الامواج القصيرة والقصيرة جداً و (4 ـ 6) محطة رادار برية في نفس الوقت .

كتيبة سطع وحرب الكترونية في فرقة مشاة متحركة أو مدرعة امريكية .

تقوم هذه الكتيبة بمهمة كشف منظومات ووسائط الاتصالات اللاسلكية العاملة على الامواج القصيرة والقصيرة جداً ومحطات الرادار التكتيكية ، وقبل كل شيء انظمة ، السطع وتوجيه نيران المدفعية البرية ، التابعة لقوات الدفاع الجوي ولفرق النسق الاول ومنظومات التعاون بين القوات البرية مع طيران الجبهة والجيش واعمائها الكترونياً . ويمكن لوسائط سطع الكتيبة أن تؤمن بالاضافة الى ذلك تحديد احداثيات محطات رادار المدفعية البرية والدفاع الجوي والقوى الجوية واعطاء دلالات



الشكل (2)

المخطط التنظيمي لسرية سطع وحرب الكترونية في لواء (فوج مدرع مستقل) في قوات الولايات المتحدة الامريكية البرية.

عن الاهداف الى منظومات الاسلحة النارية . تم ادخال كتائب السطع والحرب الالكترونية في عداد فرقة الدبابات المدرعة الثانية وفرقة الانزال الجوية الثانية والثمانين في امريكا في نهاية السبعينات .

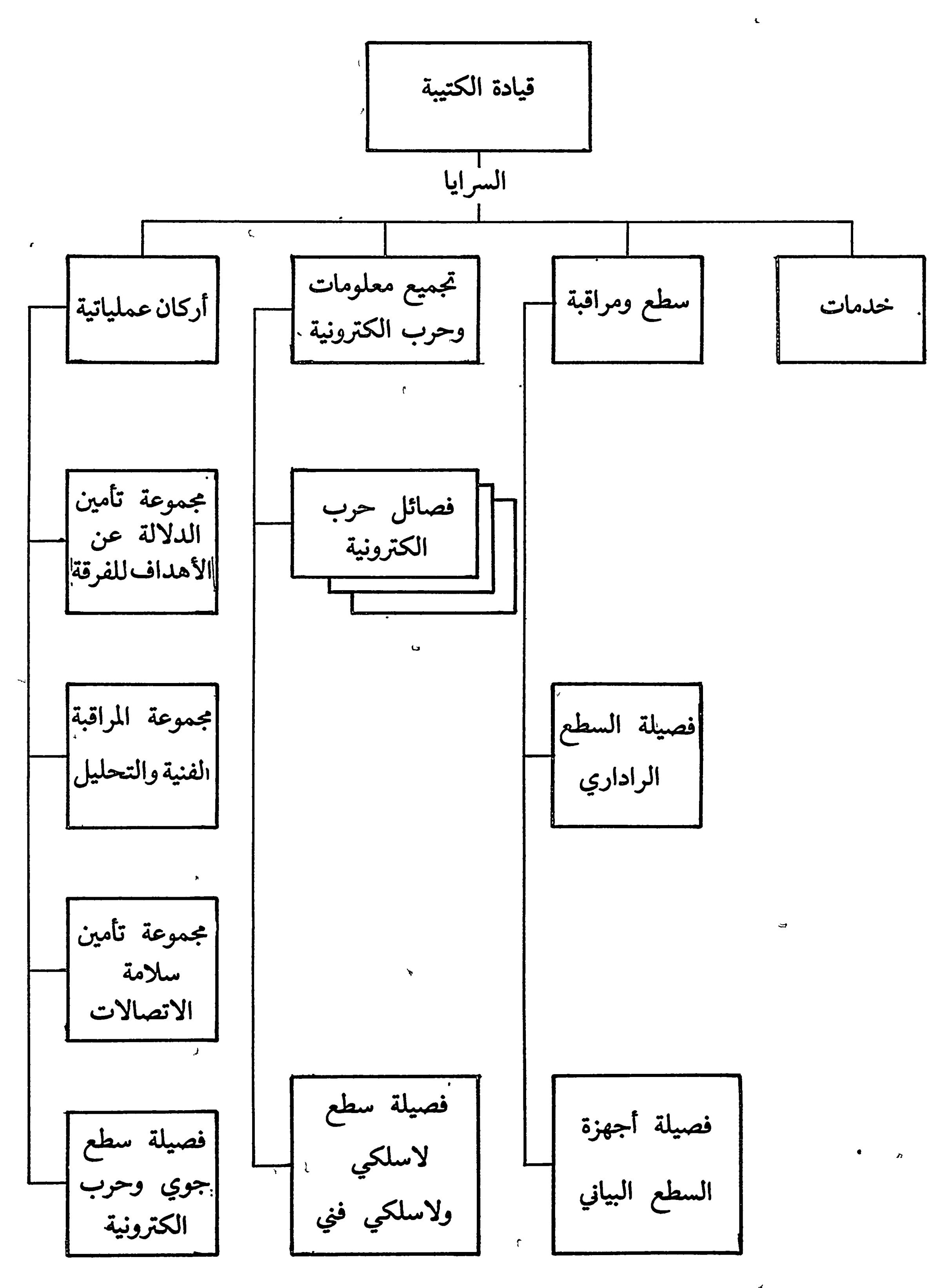
تتشكل الكتيبة (انظر الشكل 3) من جهاز اركان واربع سرايا : سرية اركان عملياتية ، سرية جمع المعلومات والحرب الالكترونية ، سرية سطع ومراقبة وسرية خدمات . أما في الفرق الامريكية المدعمة فتتشكل كتيبة السطع والحرب الالكترونية من السرايا التالية : سرية اركان وتمويه عملياتي ، سرية حرب الكترونية ، سرية سطع راديوي وتحكم ، وسرية خدمات .

تؤمن سرية الاركان العملياتية قيادة قوى ووسائط السطع والحرب الالكترونية للفرقة من ما يسمى بمقر قيادة الاعمال القتالية . ولمثل هكذا سرية يخصصون قوى ووسائط تدخل ضمن جناح الحرب الالكترونية وتتبع لاركان الفرق ، يقع على عاتقها مهمة التخطيط للحرب الالكترونة في الاعمال القتالية والتعامل مع معلومات السطع الواردة والتحكم والمراقبة .

الى جانب ذلك ، يميزون من بين ما تتشكل منه السرية تلك القوى والوسائط التي تدخل ضمن ملاك مركز التحليل الفني والمراقبة التابعة لاركان الفرقة . يقوم طاقم هذا المركز ، وذلك حسب اوامر قادة وحدات اركان الفرقة العملياتية والسطعية ، بحل المهام السطعية اللازمة لوحدات الكتيبة ويؤمن التحكم بعمل وسائط السطع والمعاكسة الالكترونية وتوجيهها الى تنفيذ المهام الملقاة على عاتق الكتيبة . أما مجموعة مراقبة أمان اتصالات السرية ، فإلى جانب قيامها بتنفيذ مهامها المباشرة ، تُستخدم لإنتاج وتطبيق اساليب التمويه العملياتي وذلك حسب اوامر القسم العملياتي التابع لاركان الفرقة .

سرية جمع المعلومات والمعاكسة الالكترونية . تقوم هذه السرية بكشف الاتصالات اللاسلكية ومصادرها ومحطات الرادار ذات الاستخدام التكتيكي على مسافات لا تزيد عن (15 ـ 20) كم واعمائها بواسطة التشويش . وفصائل هذه السرية مزودة بوسائط السطع اللاسلكي واللاسلكي الفني وبمحطات تشويش الكتروني . وتمتلك كل سرية منظومة سطع راديوي للامواج القصيرة والقصيرة جداً نموذج TSQ – 114Aومنظومة سطع لاسلكي فني نموذجMSQ– 103A وثلاث محطات تشويش الكتروني برية ضد الاتصالات اللاسلكية القصيرة جداً نموذج MLQ – 34 ومحطتي اتصالات لاسلكية على الامواج القصيرة نموذج TLQ – 17Aوالقصيرة جداً نموذج VLQ – 4 وفي المستقبل يتوقع ان يتم تزويد

الكتائب بمحطات تشويش على الاتصالات الجوية القصيرة جداً نموذج MLQ – 33 والى جانب ذلك يمكن أن يدخل في ملاك السرية ثلاث حوامات نموذج EH – 60A . تحمل محطات التشويش على الاتصالات اللاسلكية القصيرة والقصيرة جداً نموذج(ALQ – 151)2–(Kweek–Fix) ومحطات تشويش ضد الوسائل اللاسلكية الفنية ومحطات السطع الفني نموذج ALQ – 143 كما تدخل الحوامات من

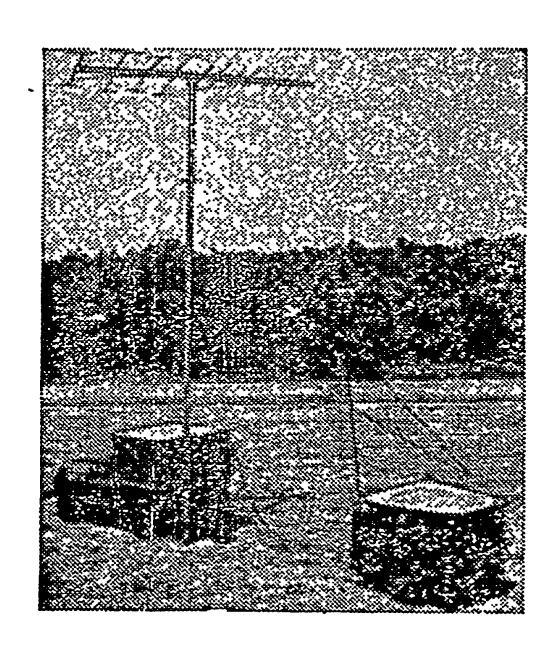


الشكل (3) المخطط التنظيمي لكتيبة سطع وحرب الكترونية في فرقة امريكية .

نموذج EH – 60A ضمن ملاك الوية الطيران التابع للقوات البرية . كما يدخل في ملاك وحدات الطيران الثقيل للولايات المتحدة 12 حوامة حرب الكترونية من نموذج EH – 60A .

يؤمن نظام السطع والتحكم الراديوي TSQ – 114 الذي يتألف من 4 مراكز التقاط راديوي (في كل مركز يوجد مستقبلان) ، إلتقاط الارسالات الصادرة عن الوسائط اللاسلكية العاملة على الأمواج القصيرة والقصيرة جداً ضمن مجال ترددي يتراوح بين (0،5 ـ 150) ميغا هيرتز وتحديد الاتجاه الى عدد من المحطات اللاسلكية العاملة يتراوح بين (6 ـ 12) في الدقيقة ، والتي تعمل ضمن مجال ترددي يتراوح بين 20 و 80 ميغا هيرتز ، تسمح المنظومة Tempic MSQ – 103 تحديد موقع عدد من المحطات الرادارية يتراوح بين (6 ـ 9) ، حتى تعمل ضمن مجال ترددي يتراوح بين (0،5 ـ 40) قيغاهيرتز خلال ساعة واحدة .

تقوم محطات التشويش الراديوي TLQ – 17A و MLQ – 34 و VLQ – 4 والمنظومة ALQ – 151 – 2 (KWEEK – FIX) و المركبة على الحوامة بكشف الاتصالات اللاسلكية القصيرة والقصيرة جداً ذات التعديل السعوي والترددي واعمائها ، أما المنظومة Maltyc ALQ – 143 فتشكل تشويشاً ضد محطات رادار قوات الدفاع الجوي والمدفعية البرية .



الشكل (4)

منظومة تشويش الكتروني TLQ – 17A

تؤمن منظومة التشويش الراديوي ALQ – 17A (الشكل 4) البحث عن الاتصالات اللاسلكية القصيرة والقصيرة جداً للفرق العاملة ضمن المجال الترددي من (1,5 ـ 80) ميغاهيرتز واعمائها . يُولف مستقبلها (تحتوي المنظومة على مستقبلين فقط) اثناء تشكيل التشويش على تردد المحطة المستهدفة .، يتم التحكم بعمل مرسل التشويش الراديوي بواسطة حاسوب الكتروني صغير . ويمكن تركيب اجهزة هذه المنظومة في عربة حمولتها لا تتجاوز 1,25 طن ذات مقطورة أو في ب . ت . ر نموذج 113 – Mأو على حوامة طراز EH – 1H

تُركب محطة التشويش الراديوي MLQ – 34 في ب ، ت ، ر نموذج 113 – Mأو في مقطورة وتقوم بمهمة اعماء الاتصالات التكتيكية القصيرة والقصيرة جداً ضمن المجال الترددي (20 ـ 150) ميغاهيرتز . وتستطيع كل محطة اعماء عدد من الاتصالات اللاسلكية يصل الى ثلاثة (شبكات لاسلكية واتجاهات لاسلكية) .

تستطيع المنظومة ALQ – 151 المركبة على الحوامة اثناء عملها المشترك مع منظومة السطع والتوجيه الراديوي البرية TSQ – 114 تستطيع تشكيل تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية القصيرة والقصيرة جداً العاملة ضمن المجال الترددي (2 ـ 76) ميغاهيرتز الى مدى يصل حتى 60 كم . يدخل في تركيب هذه المنظومة محطة استقبال وتسديد والنموذج TLQ – 17Aمن محطات التشويش البرية . أما المنظومة Maltyc ALQ – 143 فتسمح بكشف عدد من محطات رادار قوات الدفاع الجوي ومدفعية الميدان يتراوح بين 4 الى 6 محطات واعمائها حتى مدى يصل الى 40 كم .

تستطيع مثل هذه السرية نشر 12 مركز التقاط راديوي (ستة للاتصالات القصيرة وستة للاتصالات القصيرة جداً)وستة مراكز تسديد (ثلاثة للاتصالات القصيرة وثلاثة للقصيرة جداً) وثلاثة مراكز سطع لاسلكي فني وخمس عشرة منظومة تشويش راديوي ضد الاتصالات اللاسلكية القصيرة والقصيرة جداً ومحطة رادار برية . تستطيع السرية بواسطة هذه الوسائط تنفيذ المراقبة الدائمة لعدد من الاتصالات الراديوية يتراوح بين 24 الى 36 اتصال ، وتشكيل تشويش على 12 اتصال راديوي قصير وقصير جداً وست محطات رادار ، وايضاً تحديد مواصفات ومناطق انتشار عدد من محطات الرادار يتراوح بين (5 ـ 10) محطة حتى مسافة 30 كم بدقة 50 م . تتشكل فصائل المعاكسة الالكترونية التابعة للسرية من جماعات تحليل ودراسة وسطع راديوي وتشويش على الاتصالات اللاسلكية القصيرة والقصيرة جداً ويمكن ان تكون هذه الجماعات تحت القيادة المباشرة للالوية أو تعمل في مناطق عمل هذه الالوية .

تؤمن فصائل السطع اللاسلكي واللاسلكي الفني كشف وتحديد مواقع وسائط الاتصالات اللاسلكية وايضاً تحليل الاشارات الراديوية .

سرية السطع والمراقبة . يدخل في تسليح هذه السرية محطات رادار نموذج 5 – PPSو 9 –PPS ومرسلات سطع وبيان تعمل على مبادىء فيزيائية مختلفة (راديوية وهيدروصوتية وغيرها) .

تؤمن محطات الرادار سطع الاهداف الارضية المتحركة كالدبابات والب . ت ـ ر وقواعد الاطلاق الصاروخي وموقع المدفعية وبطاريات الهاون والوحدات البرية . يصل مدى كشف الدبابات الى 18 كم أما دقة تحديد المدى فيتراوح بين 20 الى 75 م وبالاتجاه 1,4 م . أما مرسلات السطع والبيان المسقطة في اراضي العدو حتى عمق يصل الى 20 كم فتستخدم للانذار المبكر عن مواقع انتشار عتاده العسكري ووحداته المقاتلة .

تشارك اطقم ووسائط السرية بتنفيذ اجراءات الحيطة والامان لانظمة الاتصالات واجراءات معاكسة السطع واستجواب اسرى الحرب . تقوم فصائل هذه السرية بدعم العمليات القتالية للفرقة بشكل عام أو لألويتها العاملة ضمن النسق الاول (تخصص فصيلة واحدة لكل لواء) .

سرية الخدمة . تنفذ اعمال الصيانات والصيانات الدورية للوسائط الالكترونية الفنية وتنظيم الاتصالات وتؤمن الامداد والتموين لوحدات الكتيبة ولوحدات السطع والحرب الالكترونية التابعة للفرقة .

يمكن استخدام قوى ووسائط الكتيبة للحصول على المعلومات اللازمة اثناء العمل على تنفيذ اجراءات التمويه التكتيكي واصدار المعلومات الكاذبة . وإحدى مهام الكتيبة هي تحديد ما يسمى بالدرجة السطعية لفرقة من فرق العدو . واعتماداً على هذه المعلومات ، تُنفذ اركان الفرقة الاجراءات اللازمة لحماية وحدات وتشكيلات الفرقة من السطع ووسائط المعاكسة الالكترونية وايضاًتجنب المباغتة من قبل العدو اثناء القيام بالاعمال القتالية .

يمكن للفرق الامريكية أن تزود ، بالاضافة الى كتيبة السطع والحرب الالكترونية السابقة الذكر ، بفصائل حرب الكترونية من ملاك مجموعات السطع والحرب الالكترونية التابعة للفيلق وذلك اثناء خوض الاعمال القتالية .

إن كتيبة السطع والحرب الالكترونية لفرقة الانزال الجوي الامريكية مسلحة بوسائط سطع وتشويش الكتروني ارضية ومحمولة ، وبمحطات رادار كشف ارضي وبمستفهمات ومجيبات راديوية ، تستخدم للتعارف المتبادل بين وحدات الفرقة ، ومنظومة تحليل الصور الفوتوغرافية .

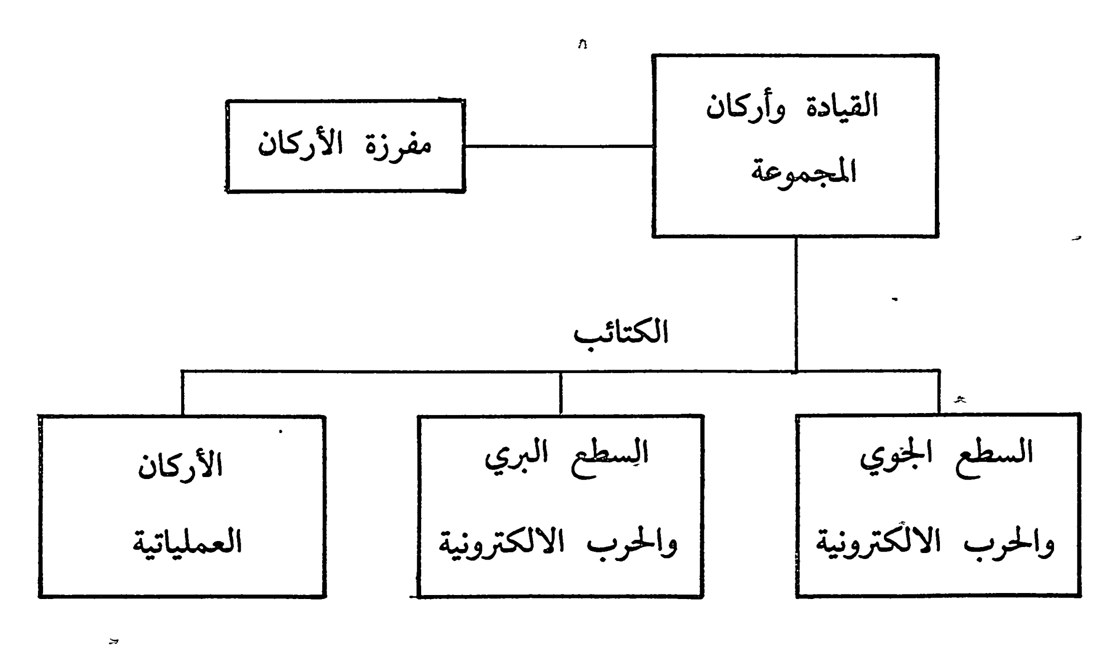
جرى التدريب على تنفيذ اجراءات الاعماء الالكتروني لوحدات الانزال الجوي بمشاركة الكتيبة 313 وهي كتيبة سطع وحرب الكترونية تابعة لفرقة الانزال الجوي الثانية والثمانين ، التي بدورها تتبع قوات الانتشار السريع .

مجموعة الاستطلاع والحرب الالكترونية في فيلق القوات البرية الامريكية . تقوم هذه

المجموعة بمهمة سطع الوسائط الالكترونية للوحدات العملياتية التكتيكية واعمائها الكترونيا ولتنفيذ مهام معاكسة السطع لصالح فيلق وفرقة في منطقة الاعمال القتالية والمناطق المجاورة لها . تتألف هذه المجموعة (انظر الشكل 5) من القيادة والاركانات ومفرزة الاركان وثلاثة كتائب ، الاولى كتيبة الاركان العملياتية والثانية للاستطلاع البري والحرب الالكترونية والثالثة للاستطلاع الجوي والحرب الالكترونية . تتبع هذه المجموعة لقائد الفيلق البري عبر فرع العمليات والسطع الموجود في اركانات الفيلق .

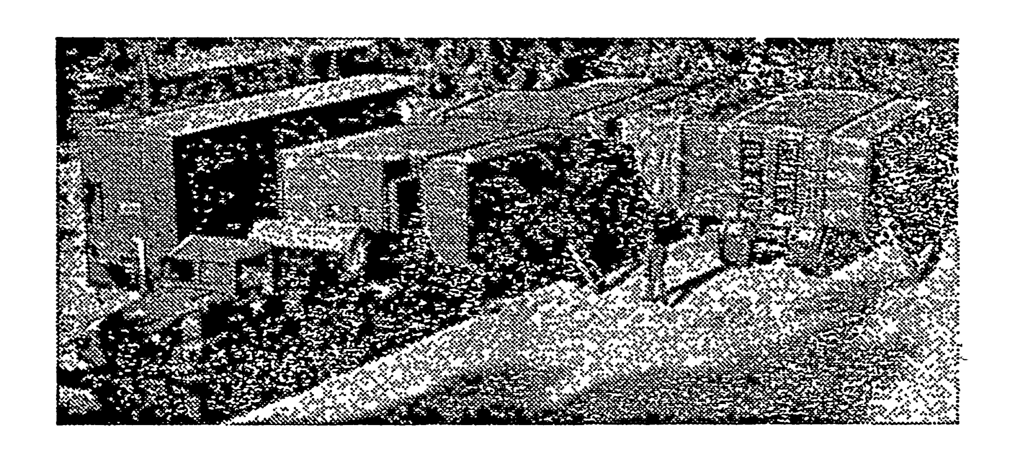
تعتبر منظومات السطع الراديوي TSQ – 112 (الشكل ـ 6) الواسطة الرئيسية للسطع الارضي للوسائط الالكترونية في المجموعة ، كما يشاركها في هذه المهمة محطة السطع اللاسلكي الفني TSQ – 109 والمنظومة ULQ – 16 المركبة على الطائرات .

تقوم منظومة TSQ – 112 بمهمة السطع الراديوي للاتصالات اللاسلكية القصيرة والقصيرة جداً ضمن المجال الترددي (0,5 ـ 500) ميغاهيرتز ، وتتألف من نقطة انتاج المعلومات TSQ – 105 التي هي عبارة عن مركز تحكم بالمنظومة ومركزي التقاط وتوجيه وتسديد وستة محددات اتجاه راديوية توجه عن بعد ، تعمل على الامواج القصيرة جداً . يحتوي كل مركز التقاط وتوجيه على 14 مستقبل متابعة راديوي نموذج ULR – 17 واربعة مستقبلات بحث راديوية وعدد من الحواسب الالكترونية .



الشكل (5)

المخطط التنظيمي لمجموعة السطع والحرب الالكترونية في فيلق قوات برية امريكية .



الشكل (6)

محطة انتاج معلومات السطع والتوجيه لمنظومة السطع الالكتروني TSQ – 112

تؤمن وسائط المنظومة (18 مركز التقاط راديوي ومحدد اتجاه راديوي) مراقبة 48 اتصال لاسلكي والتسديد الى (10 ـ 12) محطة لاسلكية تعمل على الامواج القصيرة جداً وتوجيه وسائط السطع والتشويش الراديوية . وتعمل هذه الوسائط بالتعاون مع منظومة السطع الراديوي الجوي ULQ ـ 16 يقوم بخدمة هذه المنظومة حوالي 160 عسكري . تستخدم المعلومات السطعية الناتجة عنها لاعطاء الدلالة عن الاهداف لمحطات التشويش الراديوي 15 ـ TLQو 17A – TLQو 34 ـ MLQ .

إن منظومة السطع اللاسلكي الفني 109 ـ TSQمخصصة لسطع الوسائط الرادارية ووسائط الملاحة الراديوية والتقاط وتحديد مواصفات اشاراتها والتسديد الراديوي اليها . ويدخل في تركيبها ثلاث محطات سطع نموذج 189 ـ GSQومركزا انتاج للمعلومات والتوجيه نموذج 115 ـ TSQو 117 ـ TYQ . تؤمن المحطة 189 ـ GSQالالتقاط الراديوي لاشارات محطات الرادار وتحديد تردداتها الحاملة وترددات تتابع اشاراتها ، التي بواسطتها يتم التعرف على مصدر الاشعاع وتحقيق التسديد اليه .

يؤمن المركز الرئيس ، لإنتاج معلومات السطع والتوجيه 115 ـ TSQ استقبال معلومات السطع الواردة من المنظومة 2ـ LYK –Kweek والتعامل المشترك مع المعلومات الواردة عن الوسائط الالكترونية الراديوية بواسطة الحواسب الالكترونية . أما نظام المركز المساعد 17 ـ TYQفيقوم بالتحكم بعمل محطات السطع الراديوي .

تسمح لنا هذه المنظومة تحديد مواقع 12 محطة رادار بالساعة حتى مدى يصل الى 30 كم بدقة

50 م وفي المستقبل سيتم تطويرها لتنتج معلومات دلالة عن الاهداف لتعطيها الى منظومات التشويش الراديوي 143 ـ ALQ المركبة على الحوأمات ولنظام التحكم الآلي بالرمي المدفعي الميداني « Takfire » .

إن منظومات التشويش ضد الاتصالات القصيرة 15 ـ TLQ وضد الاتصالات القصيرة والقصيرة جداً TLQ – 17A وضد الاتصالات القصيرة جداً 34 ـ MLQ ومحطات الرادار البرية ULQ ـ 14 التي تمتلكها المجموعة ، مخصصة لاعياء الاتصالات اللاسلكية القصيرة والقصيرة جداً ومحطات الرادار ضمن العمق التكتيكي حتى مسافة تصل الى 30 كم . تحتوي المجموعة على (15 ـ 18) محطة تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية البرية فقط ، استطاعة كل منها (1 ـ 2) كيلووات .

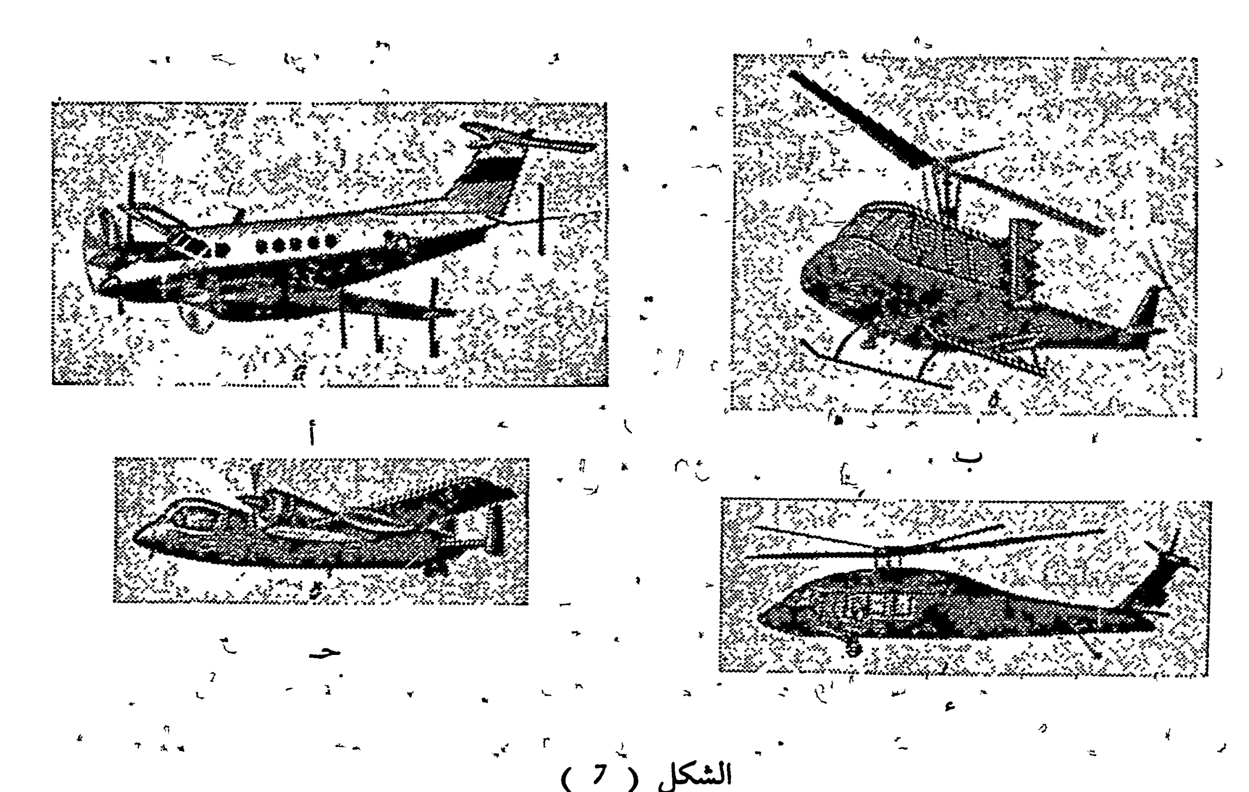
يتواجد في تسليح كتيبة السطع الجوي والحرب الالكترونية منظومات سطع الكتروني راديوي جوية ومحطات تشويش راديوية نماذج 143 ـ ALQ و 151 ـ ALQ .

أما وسائط السطع والتشويش والإتصالات اللاسلكية الموجهة وغير الموجهة ومحطات الرادار التكتيكية ، التي تدخل الآن في تسليح وحدات السطع والحرب الالكترونية التابعة للفيالق والفرق البرية ، فهي انظمة جوية من نماذج 16 ـ ULQ Hardrel و (11 ـ ULQ) Seferm – Leder و 150 ـ ALQ (Seafire – Tigre) و 133 ـ ALQ 2 ـ (Kweek– Lyk) . إن اجهزة هذه المنظومة موزعة على تسع طائرات طراز RU –21H .

أما وسائط منظومة التشويش ضدالاتصالات اللاسلكية الموجهة 150 ـ ALQ فموزعة في ثلاث طائرات طراز 21 ـ RU .

أما وسائط منظومة السطع الراديوي الجوي 16 ـ ULQ فموزعة على ست طائرات طراز 21H – RU (الشكل 7) . تؤمن مراكز التقاطها وتسديدها ، الراديوية الثمانية عشر المراقبة الدورية لستة وثلاثين اتصال لاسلكي على الامواج القصيرة جداً وتحدد مواقع (30 ـ 40) محطة اتصال لاسلكي في الساعة . ويتم التعامل مع معطيات السطع الراديوي بواسطة المنظومة المتحركة 105 ـ TSQ التي تدخل في تركيب نظام السطع الآلي 112 ـ TSQ « Taselise » .

تركب منظومة السطع اللاسلكي الفني الجوية 133 ـ ALQ على ست طائرات طراز RV-1D وتؤمن التسديد الراديوي الى عدد من محطات الرادار يصل الى 12 في الساعة بدقة ±0,5 . تعطى المعلومات الناتجة من الطائرة الى مركز التحكم بمنظومة السطع اللاسلكي الفني 109 ـ TSQ



الشكل (7)

طائرات وحوامات الحرب الالكترونية في الطيران التابع للقوات البرية .

أ ـ طائرة RU – 21H مع المنظومة ULQ – 16 ب ـ طائرة RV – 1D ج ـ حوامة تحتوي تجهيزات النظام Maltys د ـ EH – 60A تحتوي المنظومة 2 ـ Kweek – FIX .

ويمكن أن تستخدم في منظومة بطاريات صواريخ م / ط الجوية « باتريوت » منظومة التشويش الراديوي ADEWS ، المخصصة لاعماء محطات رادار السطع وانظمة الملاحة والتسديد الارضية والجوية . تتشكل هذه المنظومة من محطات سطع لاسلكي فني ومحطات التشويش المتعددة الاغراض نموذج 14 ـ ULQ .

كما يمكن تقديم الدعم للفيالق البرية اثناء خوض الاعمال القتالية من قبل منظومات السطع والحرب الالكترونية التابعة لقوات الولايات المتحدة الامريكية الجوية والقوات المسلحة الوطنية للدول الداخلة في عداد الاحلاف العسكرية . الى جانب ذلك ، تجدر الاشارة الى مساهمة وحدات السطع ذات التبعية الاستراتيجية في مسرح الاعمال القتالية ، المستخدمة للحصول على معلومات عن النجاحات الفنية وايضاً عن المواصفات الفنية والامكانيات القتالية للاعتدة ومنظومات التسلح القتالية ، وقبل كل شيء عن طريق النماذج التي يتم اختطافها أو المواقع التي يتم احتلالها اثناء خوض الاعمال القتالية .

يتوقع توحيد جميع وسائط السطع والمعاكسة الالكترونية التابعة للفيالق والفرق البرية في شبكة نظام مؤتمت موجه . ويخطط أن يتم التحكم بها من قبل مراكز نموذج (TSQ - 130) ASAS/ BETA . التي حسب المعايير المتشكلة لمختلف المواقع يتم بيان الموقف التكتيكي - العملياتي والحالة الالكترونية المتشكلة على مقياس زمني واقعي وذلك بواسطة الحواسب الالكترونية . يتم اظهار مسرح

العمليات باستخدام رموز خاصة تعرض على شاشة مضيئة ملونة تحت ظلال الخارطة الطوبوغرافية للمنطقة . ومثل هذا المركز مصمم للاستقبال والتعامل مع ما يقارب ال 4000 معلومة سطعية في الساعة تصل من (12 - 15) واسطة ارضية وجوية لاسلكية أو لاسلكية فنية . يتم استخراج المعلومات من قبل هذا النظام بسرعة تصل الى 300 هدف في الساعة .

منظومات السطع والحرب الالكترونية لمسارح الاعمال القتالية .يقع على عاتق هذه المنظومات تنفيذ مهام السطع الراديوي وتشكيل التشويش الالكتروني ضد انظمة الاتصالات اللاسلكية للاجنحة العملياتية - الاستراتيجية . ويدخل في تركيبها وحدات السطع والحرب الالكترونية التابعة لقوات الولايات المتحدة البرية المتمركزة في اوروبا والمناطق الاخرى وقوى ووسائط الحرب الالكترونية للدول

الاخرى الداخلة في حلف الناتو . فعلى سبيل المثال ، يخصصون على مسرح العمليات القتالية في اوروبا لتنفيذ السطع والاعماء الالكتروني للاتصالات اللاسلكية على الامواج القصيرة والقصيرة جداً ، يخصصون محطات ميدانية وكتائب وسرايا تتبع لقيادة قوات السطع والمخابرات في القوات البرية للولايات المتحدة على مسرح الحرب ، وهي مجهزة بمراكز ارتباط لتشكيل تشويش الكتروني .

الى جانب ذلك ، يوجد على مسرح اوروبا الغربية اكثر من 50 محطة سطع راديوي ثابتة نموذج 4000L . يدخل في تركيبها وسائط التقاط وتسديد راديوية وتشويش الكتروني على مجال الامواج القصيرة . ويمكن تخصيص هذه المحطات لدعم مجموعات الجيوش والفيالق البرية .

يعيرون في قوات الولايات المتحدة البرية ، اهمية كبيرة لعملية السطع الالكتروني الراديوي ويكون تناسب وسائطها بالمقارنة مع وسائط المعاكسة الالكترونية في الفرق 4 : 3 ، في الفيالق البرية 7 : 1 . وكما يشار في نظام خدمة جيوش الولايات المتحدة ، فإن تواجد كمية قليلة من محطات التشويش الراديوي في تشكيلات ووحدات السطع والحرب الالكتروني يوازن بالاستخدام الواسع

لمرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة . يخصص احد هذه المرسلات لتشكيل تشويش حاجبي على الاتصالات اللاسلكية العاملة على الامواج القصيرة جداً ، وهذا المرسل يتم اطلاقه في قذيفة مدفعية من عيار 155 ملم (كاسيت يتألف من 5 قطع) . يتم اطلاق هذه المرسلات حسب برنامج موضوع مسبقاً قبل الاطلاق . وبعد وصوله الى الارض يغوص في التربة رافعاً الهوائي الخاص

به وبعدها يبدأ مباشرة بتشكيل التشويش خلال عدة دقائق ، الامر الذي يمكنه من اعماء الاتصالات اللاسلكية حتى مدى 20 كم .

يتضمن نظام خدمة اركانات الوحدات والتشكيلات طرق تنظيم الحرب الالكترونية والتحكم بقواها ووسائطها اثناء خوض الاعمال القتالية . وتقوم هذه الاركانات بتخطيط استخدام قوى ووسائط الحرب الالكترونية وتضع المهام الواجب تنفيذها بهذا الخصوص وتراقب عملية التنفيذ وتنظم عملية التحكم بعمل وسائط السطع والمعاكسة الالكترونية .

يتم امرار مهام وحدات السطع والحرب الالكترونية المخططة من قبل الاركانات خلال مراكز السطع ومراكز الحرب الالكترونية ، الموجودة في مقرات قيادة العمليات القتالية ومقرات قيادة الفيالق والفرق البرية .

تقوم اقسام الحرب الالكترونية التابعة لأفرع عمليات الفرق والفيالق البرية بقيادة وحدات وتشكيلات ووسائط الحرب الالكترونية في القوات البرية وذلك حسب انظمة قيادة العمليات القتالية للوحدات والتشكيلات . كما يمكن أن يتم ذلك من قبل مراكز حرب الكترونية موحدة تابعة لاركانات القيادة العملياتية لقوات الولايات المتحدة المسلحة في مناطق انتشار الجيوش وعلى مسرح العمليات القتالية .

يقوم قسم الحرب الالكترونية الموجود في مقر قيادة العمليات القتالية للفرقة بتخطيط عملية المعاكسة الالكترونية اثناء خوض الاعمال القتالية انطلاقاً من توجيهات رئيس فرع العمليات في الفرقة (الفيلق) ، وينظم عملية الانتشار والتعاون بين قوى ووسائط المعاكسة الالكترونية ويقود اعمالها في العملية (المعركة) . وتبين انه على التوازي مع اهمية وجود اقسام الدعم الناري ، تظهر اهمية الوسائط الالكترونية الراديوية . وهنا يجب الموازنة بين استخدام وسائط المعاكسة الالكترونية ووسائط التدمير . ويتم بالتنسيق مع ضباط الاشارة والرادار وحسب تقييم الحالة الالكترونية الراديوية اختيار الترددات الواجب تشكيل التشويش عليها ، ويخططون لكي يقع العدو في ضياع وذلك بواسطة الوسائط الالكترونية الراديوية والدعم المقدم من قبل وسائط المعاكسة الالكترونية والاجراءات المتخذة بهدف الحماية الالكترونية .

يقود قائد كتيبة السطع والحرب الالكترونية في الفرقة لا ما يتبع له فحسب من قوى معدات معاكسة الكترونية وما هو منتشر في مناطق الالوية ، بل كل ما أتبع له من قوى ووسائط داعمة وعندما تكون كمية الاعتدة والاسلحة في مناطق الالوية كبيرة ، يمكن تشكيل وحدات كسرية سطع وحرب الكترونية مشتركة ، تتألف من أربع فصائل (اثنتين للمعاكسة الالكترونية وواحدة عملياتية وأخرى تقوم بمهام الخدمة) والبقية لقيادة السرية . وحسب الامكانيات ، يمكن ان تكون هذه السرية قريبة

من سرية سطع وحرب الكترونية في لواء مستقل (فوج مدرع) . ويمكن نشر وسائطها في مناطق انتشار الكتائب لتقوم بمهمة دعم اعمالها القتالية .

يشارك مركز الحرب الالكترونية المجمع التابع لاركانات قيادة قوات الولايات المتحدة المسلحة في منطقة الانتشار بالاشتراك مع القيادة العملياتية ، في تخطيط عمليات المعاكسة الالكترونية ويراقب اعمال قوى ووسائط التشكيل . كما يقوم بتقدير تأثير اجراءات الحرب الالكترونية الصديقة والمعادية اثناء خوض الاعمال القتالية ويراقب حالة واستخدام وسائط المعاكسة الالكترونية البرية والجوية ويقدم المساعدة لتخطيط مراقبة الاشعاعات الصادرة ولايقاع العدو في ضياع وتخبط . ويقوم ضباط المركز بالاشتراك مع شباط الاشارة بتخطيط عملية المعاكسة الالكترونية الموجهة ضد العدو بذلك الشكل الذي لا يتم فيه اعماء وسائط القيادة والاتصال الصديقة من قبل عمليات المعاكسة الذاتية . الى جانب ذلك ، ينسق هذا المركز معطيات السطع الالكترونية وطرق التأمين الالكتروني الراديوي ، اللازمة لتخطيط وتنفيذ الحرب الالكترونية مع قيادة الاستطلاع . ترسل المعلومات الى وحدات وتشكيلات المعاكسة الالكترونية خلال اقسام التعامل مع المعلومات التابعة لفيالق الجيش .

تخطط اجراءات المعاكسة الالكترونية للطيران التكتيكي وتوزع المهام من قبل وحدة الحرب الالكترونية التابعة لمركز قيادة الطيران التكتيكي .

تتحقق قيادة وحدات وتشكيلات السطع والحرب الالكترونية لقوات الولايات المتحدة البرية وتوزيع المهام بين الفيالق والفرق والالوية المستقلة والافواج المدرعة المستقلة ، تتحقق بواسطة وسائط منظومة الاتصالات على شبكات مقررة مسبقاً وذلك بعد جمع المعلومات من انظمة المراقبة والتحليل والواصلة من مختلف وحدات السطع والمعاكسة الالكترونية ووحدات تأمين المؤخرات ووحدات السطع العملياتي . تستخدم في منظومات اتصالات وحدات السطع والحرب الالكترونية اجهزة الطباعة البرقية اللاسلكية واجهزة الهاتف اللاسلكية على الامواج القصيرة جداً ووسائط الاتصالات اللاسلكية ، وايضاً اقنية الاتصالات متعددة الخطوط ، التي تدخل ضمن تركيب نظام الاتصال المزدوج .

ثانياً : اساليب الاعماء الالكتروني اثناء خوض القوات البرية لاعمالها القتالية.

إن ما يميز الحرب الالكترونية ، في عمليات القوات البرية القتالية في الجيوش الغربية ، هو تركيز الجهود في مناطق الاعمال القتالية للفيالق والفرق البرية . وعلى التوازي مع استخدام قوى ووسائط الحرب الالكترونية يخطط لتوجيه ضربات نارية على مقرات القيادة والوسائط الالكترونية الفنية للعدو بهدف تخريب انظمة استطلاعه وقياداته . وفي نفس الوقت ، تنفذ اجراءات لحماية انظمة القيادة والسيطرة والوسائط الالكترونية الفنية الصديقة من الاعماء الالكتروني المعادي . لهذا يأخذ العدو ، بعين الاعتبار ، في وسائط معاكسته الالكترونية تأثير وسائط التدمير والاعماء الالكتروني في المقام الاول .

يمكن تأمين التنفيذ الناجح لمهام الحرب الالكترونية ، حسب نظام القوات المسلحة في الولايات المتحدة الامريكية ، بواسطة مختلف الاساليب في استخدام القوى ووسائط المعاكسة الالكترونية ، وذلك حسب طبيعة الاعمال القتالية وظروف مسرح العمليات ومواصفات عمل الوسائط الالكترونية الفنية . ويناسب مسرح العمليات متوسط الوعورة والمأهول بنسبة 20 ـ 25٪ من مساحته ، الاساليب التالية للمعاكسة الالكترونية :

1 ـ الاسلوب الكثيف المركز .

يمكن استخدام هذا الاسلوب بكشل رئيس في العمليات الهجومية واثناء توفر قوى ووسائط معاكسة الكترونية كافية . يؤمن هذا الاسلوب الاعماء المتوازي لأكثر المنظومات ووسائط الاتصال اللاسلكي العادي والموجه والرادارات على اتجاه مختار أو على اتجاه الضربة الرئيسية للقوات على كامل العمق العملياتي المعادي وصولاً حتى مواقع المؤخرة خلال زمن محدد . ويقترحون استخدامه في مرحلة خرق المواقع الدفاعية وتدمير المجموعات المحاصرة وصد الهجمات المعاكسة وفي غيرها من الحالات ، التي تتطلب تركيز جهود الجزء الاعظم من القوات ووسائط المعاكسة الالكترونية على اتجاهات مختارة . أُستخدم هذا الاسلوب ، على سبيل المثال ، من قبل القوات المسلحة الاسرائيلية اثناء هجومها على مصر في حزيران عام 1967 واثناء الحرب ضد لبنان عام 1982 .

2 ـ الاعماء الالكتروني المختار على كامل جبهة مسرح العمليات أو على اتجاهات معينة منه .

ينفذ هذا الاسلوب بالقيام بالاعماء الالكتروني المتسلسل بعد السطع الالكتروني الفني الجيد والدقيق . يُعتبر هذا الاسلوب من اكثر الاساليب نجاعة في الدفاع وكذلك في الظروف ، التي تكون فيها اتجاهات تمركز جهود القوات المعادية الرئيسة مفتوحة وكمية القوات ووسائط المعاكسة الالكترونية محدودة . اثناء الدفاع (ومنذ البدء بالاعداد للهجوم الناري) يتم اعماء وسائط الاتصالات اللاسلكية والوسائط الرادارية في وحدات الصواريخ والمدفعية والطيران ، بعدها يتم اعماء الوسائط الالكترونية الفنية على التسلسل وذلك اثناء انتقال العدو الى مرحلة الهجوم . ولاقت محطات التشويش الالكتروني التسديدي استخداماً واسعاً عند تطبيق هذا الاسلوب .

3 ـ الاسلوب المركز الإنتقائي .

وهو عبارة عن محصلة لكلا الاسلوبين السابقين . واثناء تطبيقه يخصص جزء من قوى ووسائط المعاكسة الالكترونية للعمل المكثف على الاتجاه الرئيس ، أما الجزء الآخر فيستخدم للاعماء الانتقائي لوسائط العدو الالكترونية الفنية . يعتبرون هذا الاسلوب اكثر ملائمة في الظروف التي يكون فيها الاتجاه الرئيس لاعمال التحشد الاكبر المعادي مفتوحاً ، أما طبيعة الارض وحالة الطرق والزمن فلا تسمح باعادة تجميع القوات ووسائط المعاكسة الالكترونية وتوحيدها ، على هذا الاتجاه . وفي هذا الاسلوب تستخدم جميع قوى ووسائط المعاكسة الالكترونية مجتمعة وبالتنسيق مع اعمال التدمير والاستيلاء على الوسائط الالكترونية الفنية ، التي تقوم بها مجموعات السطع والتخريب .

واثناء خوض الاعمال القتالية ، يعيرون الانتباه الاعظم لاعماء منظومات القيادة والسيطرة على القوات وتوجيه النيران الكترونياً وخرق عملها وإدخال معلومات كاذبة اليها وكشف وتحديد امكنة مرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة ومحطات الرادار ونقل احداثياتها الى وسائط الدعم الناري لتدميرها . واثناء القيام بالاستطلاع والمعاكسة الالكترونية يجب التقيد بالمبادىء التالية :

الاول ـ دراسة مسرح الاعمال القتالية والحالة الالكترونية الراديوية .
الثاني ـ الحد من فاعلية استطلاع العدو .
الثالث ـ المعاكسة الالكترونية ضد انظمة القيادة والسيطرة والسطع المعادية وتدميرها .
الرابع ـ تنظيم التعاون المستمر لتنفيذ تدابير السطع والمعاكسة الالكترونية بفكر واحد وخطة واحدة .

يُدرس مسرح الاعمال القتالية والوضع الالكتروني الفني قبل وقت كبير من نشر القوات وبعدها خلال كامل زمن الاعمال القتالية . ولهذا الغرض تستخدم القوى البرية والجوية ووسائط السطع الالكتروني بشكل مركزي ، تلك التي بالتعاون مع وسائط السطع الاخرى تكشف وتظهر تموضع

القوى والوسائط الالكترونية الفنية المعادية على كامل عمق تراتيبها العملياتية . بعد ذلك تجري مراقبة مستمرة لتحركات القوات وتحدد الاهداف المراد تدميرها أو معاكستها الكترونياً . وتستنتج وحدات السطع والحرب الالكترونية الاجراءات اللازمة للتضليل ضد تدابير العدو المضادة .

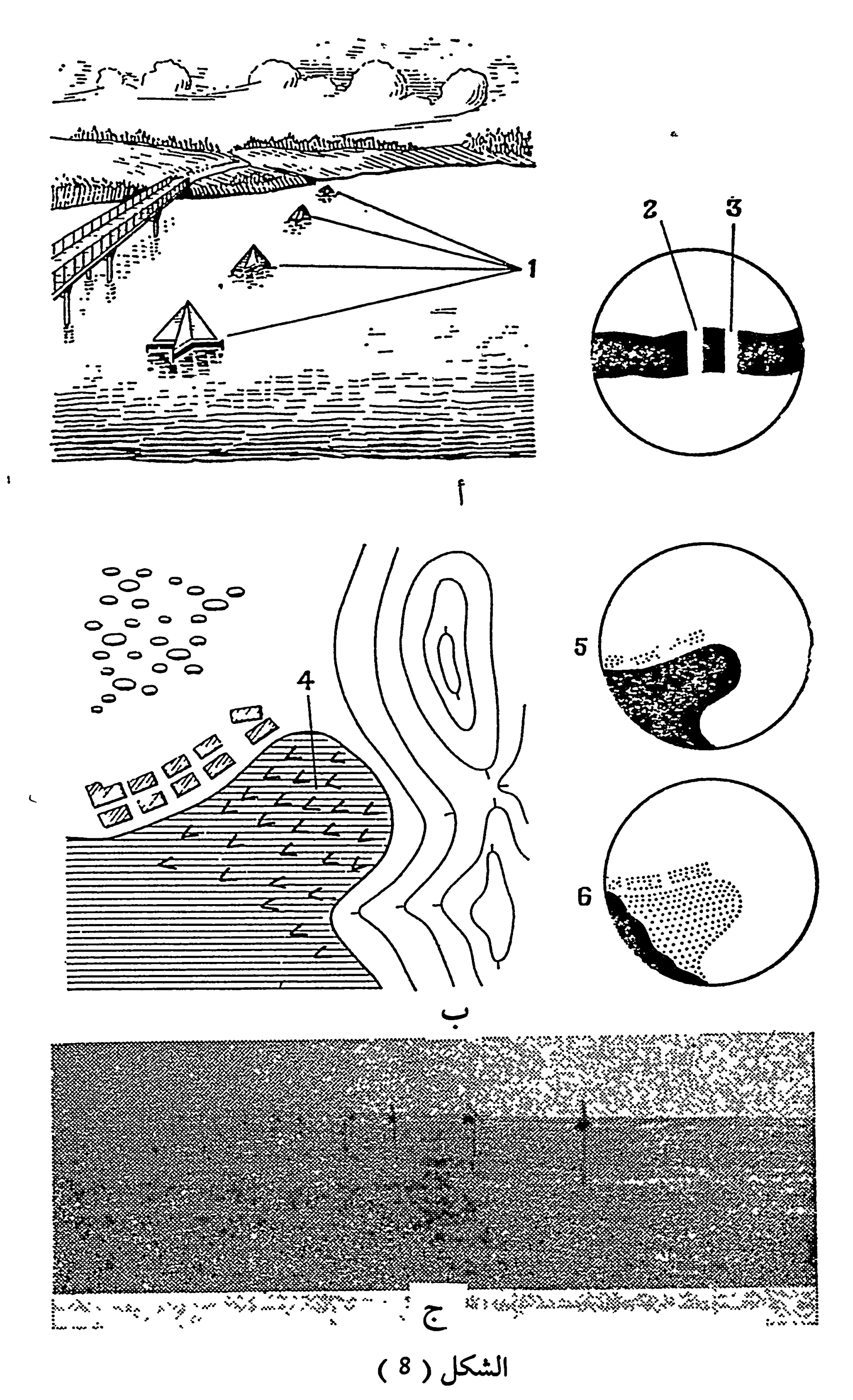
تنخفض فاعلية سطع العدو باتخاذ تدابير معاكسة السطع ، التي يدخل في عدادها التمويه والتضليل الالكترونيين ومراقبة نتائج تنفيذ هذه التدابير . تهدف التدابير المذكورة سابقاً إثارة شكوك لدى العدو عن صحة اعماله واجباره على اتخاذ قرارات خاطئة .

يجري تطبيق الاعماء الالكتروني ضد انظمة التوجيه والاتصالات والسطع بالتوافق مع اجراءات التدمير لإثارة الفوضى في انظمة القيادة وخفض فاعلية قوى سطع العدو وعلى التوازي مع اجراءات معاكسة السطع وافقاده المقدرة على اصدار الأوامر ونقلها والحصول على المعلومات اللازمة لتدقيق خطوط الاعمال القتالية عند التبدلات التي تجري على ارض المعركة ، وقبل كل شيء ، تركيز القوى والوسائط الرئيسة على الاتجاهات الحاسمة وتنفيذ المناورات في الوقت المناسب وقيادة نيران التدمير ووسائط الدفاع الجوي .

أشارت خبرة المشاريع والمناورات التي أُجريت في سلاح الجو والقوات البرية للولايات المتحدة الامريكية في الثمانينات الى نتيجة تقول أن الفاعلية العظمى للمعاكسة الالكترونية يتم الحصول عليها في المجال التكتيكي . وعلى الرغم من ان التشويش الالكتروني على وسائط القيادة لم يوقف الاعمال القتالية ، لكنه يعتبر سبباً في الاعاقة واحياناً لغياب المعلومات في ساحة المعركة ودائماً ما يجلب ضياعاً وتيهاً في الاعمال القتالية وعادة ما ابدى تأثيراً حاسماً على مسار المعركة .

تستخدم في اعمال القوات البرية القتالية الى جانب قوى ووسائط المعاكسة الالكترونية وسائط التمويه الراداري ومشكلات الايروزول لاعماء وسائط السطع الرادارية ، والتكنيك اللايزري والتلفزيوني والذي يعتمد على الاشعة تحت الحمراء لخداع سطع العدو ، واخفاء القوى والمواقع عن وسائط كشف العدو وحمايتها من نيرانه .

تكون مختلف الاهداف البرية والبحرية مرئية جيداً من قبل محطات رادار الطائرات ذات المراقبة الجانبية . وبسبب ميلان المخطط الاشعاعي الاحداثي لهوائيات هذه المحطات ، يمكنها مراقبة الاهداف البرية الواقعة خلف خط الجبهة أو حدود الدولة . أما القدرة الامرارية العالية لهذه المحطات فتسمح بكشف اهداف مثل الطائرات والدبابات ومواقع الاطلاق والصواريخ وغيرها . تشاهد الصورة الرادارية المرسلة من الطائرة على خطوط النقل الراديوي في مواقع المراقبة الارضية ، تشاهد كخريطة رادارية للموقع . وبمقارنتها مع الخريطة الطوبوغرافية (على سبيل المثال ، عند تركيب خريطة شفافة على شاشة محطة الرادار) ، تستطيع اطقم الطائرات الاخرى التوجه بالطائرات لكشف



الشكل (8)

. أ ـ جسر ، ب ـ خليج ، ج ـ شوارع ، 1 ـ عواكس زاوية طافية ، 2 و 3 ـ الصورة الرادارية للهدف الحقيقي والتمويهي ، 4 ـ عواكس زاوية راديوية في الخليج ، 5 و 6 ـ الصورة الرادآرية للخليج قبل وبعد تمويهه .

الاهداف وتوجيه ضربات تسديدية عليها .

يتم التوصل الى السرية بتموضع الاهداف المموهة خلف اقنعة طبيعية مؤلفة من الاخشاب والشباك المعدنة أو العواكس الراديوية . في هذه الحالة يظهر على شاشة محطة الرادار علامات عواكس رادارية اصطناعية أما المعدات المموهة فتظهر على شكل علامة واحدة متجانسة . ولإخفاء المواقع عن الكشف الراداري يحاولون تسوية صورتها (سطحها العاكس الفعال) على شاشة الرادار مع صورة الوسط المحيط (الخلفية) . هكذا يتم تمويه الجسور والسدود والطرقات والمطارات والمعدات العسكرية والسطوح المائية (انظر الشكل 8) وغيرها من الانشاءات ومواقع التجميع . فعلى سبيل المثال ، لكي نُموه ونخفي قطاع اقلاع الطائرات أو الطرق يجب تخفيض عامل انعكاسها من 60 حتى ٪ 30 ، إذا وقعت في غابة اشجار شوح ، وحتى ٪ 50 اذا كانت بين الصخور وحتى ٪ 10 اذا كان موقعها في الحقول . ومن الممكن الحد من عامل الانعكاس إذا جُعل السطح خشناً بادخال اثلام مختلفة الاشكال عليه على مسافات ، تتعلق ابعادها بطبيعة الخلفية المحيطة . ولتشويه اشكال المواقع المراقبة على شاشة محطة الرادار ، يمكننا تغطية اطراف الشوارع أو المنطقة بشجيرات اخشابها ذات عامل انعكاس كبير .

ثالثاً : خوض الحرب الالكترونية في اعمال القوات البرية القتالية

يجري تنفيذ الحرب الالكترونية في اعمال القوات البرية القتالية بهدف كشف واعماء انظمة الاتصالات اللاسلكية واللاسلكية الموجهة والاستطلاع الراداري وانظمة توجيه الاسلحة وايضاً لاثارة الفوضى في توجيه وقيادة الوحدات المدرعة ووحدات المدفعية ووسائط القتال الجوية بطيار أو بدون طيار ، وذلك جميعه في مسرح الاعمال القتالية التكتيكي . يعيرون في حلف الناتو ، اثناء قيامهم بالمشاريع أو المناورات التدريبية ، يعيرون اهتماماً كبيراً لابداع طرق معاكسة الكترونية ضد انظمة السيطرة وقيادة القوى (القوات) والسلاح في عمليات الطور الاول للحرب وذلك على مسارح الاعمال القتالية في اوروبا . ولهذا الغرض ، تُتخذ اجراءات لكشف هذه الانظمة وفضحها وتحليل المعلومات الناتجة عن ذلك واختيار اساليب المعاكسة الالكترونية الواجب تنفيذها وتلك الوسائط التي تستطيع القيام بها ، وينطبق هذا الامر على وسائط التأثير الناري ايضاً ، التي مجتمعة يجب ان تباشر عملها فور نشوب الاعمال القتالية . وفي نفس الوقت ، تُتخذ تدابير لتأمين حيوية انظمة السيطرة والقيادة للقوات والاسلحة الصديقة . ويجري نشر وسائط الاتصال في مرحلة الاعداد للاعمال القتالية واثناء خوضها في ملاجىء ويتم استدراك النقص في احتياطي هذه الوسائط وقطع التبديل ، كما تنفذ اجراءات الوقاية من المعاكسة الالكترونية وتأثير الانفجارات النووية على الاتصالات اللاسلكية

ووسائطها . ويتم تأمين البدائل لمختلف انواع وسائط الاتصالات ، ويتم العمل باشارت قصيرة وتغيير التوليف الترددي لوسائط الاتصالات اللاسلكية وتوحيد وسائط مختلف صنوف القوات ، المتوضعة في مراكز القيادة والحفاظ على سرية الارسالات لا في التشكيلات ذات الطبيعة العملياتية ـ الاستراتيجية فحسب ، بل في التكتيكية .منها ايضاً وصولاً حتى مستوى السرية .

ولتنفيذ مجموع المهمات الواردة سابقاً يتم نشر قوى ووسائط السطع الالكتروني الفني ووسائط الحرب الالكترونية (انظر الشكل 9) . وحسب تعليمات ونظام خدمة جيوش الولايات المتحدة الامريكية يتم تنفيذ المعاكسة الالكترونية في مرحلة الاعداد للاعمال القتالية وخوضها حسب التسلسل التالي :

في الاعمال القتالية الهجومية .

يتم القيام بالمعاكسة الالكترونية على كامل عمق دفاعات العدو ، بما فيها قوات الانساق الثانية ، وعند ذلك يجب أن يعار الاهتمام الاكبر للمعركة الاقرب مكانياً . وفي مرحلة الاعداد للمعركة (العملية) يتم تحريك وحدات السطع والحرب الالكترونية البرية الى الامام بذلك المقدار الذي يؤمن متطلبات الأمان والقدرة على تنفيذ المهام الموكلة . أما الوسائط الاقل قدرة على المناورة والتي لا تستطيع العمل اثناء الحركة فيتم نقلها بطريقة القفزات إثر القوات للعمل بالاشتراك مع الوسائط الجوية ، التي تعمل في الزمن الذي تكون فيه الوسائط البرية في حالة حركة .

تقوم قوى ووسائط السطع والمعاكسة الالكترونية في المرحلة الاولى من الهجوم ، في المقام الاول ، بتأمين اعمال القوات الصديقة في تدمير عمق العدو واعمال الفصائل المتقدمة وايضاً إحلال الفوضى والضياع في اعمال العدو السطعية وخرق انظمة اتصالاته وقيادته وسيطرته على القوى والاسلحة .

أما في مرحلة الاقتراب من العدو فتصبح لمهام كشف محطات اتصالاته العاملة على شبكات العملية القتالية وتحديد اماكنها ، اسبقية على غيرها من المهام . بعدها يجري خرق انظمة الاتصالات اللاسلكية المخصصة لتوجيه وقيادة القوات ونيران المدفعية البرية وتحديد مواقع محطات رادار العدو للتدمير اللاحق . ومن ثم يمكن تنفيذ التضليل اللاسلكي لايقاع العدو في ضياع وعدم قدرة على التحديد الصحيح لكيفية انتشار القوى الرئيسة من القوات الصديقة . وعند تنامي النجاحات يُلجأ الى تشكيل تشويش الكتروني ايجابي على شبكات القيادة لخرق التعاون بين قوى العدو واعادة تجميع قواته ومن ثم يتم اعماء وسائطه الالكترونية الرئيسة .

واثناء هجوم القوات ، يجب ان تكون وسائط السطع والمعاكسة الالكترونية جاهزة للمشاركة بالضربات المعاكسة والانتقال السريع والمتوثب لتنفيذ مهام قتالية أخرى .

ALQ-151
ALQ-143
TSQ 115
فوج سطع وحرب الكترونية جوي .
القيادة الجوية
مجموعة سطع وحرب الكترونية .
مقر قيادة وتوجيه القوات الجوية .
مركز عملياتي للسطع والحرب الالكترونية .
مقر قيادة وتوجيه القوات الجوية
: مركز سطع وحرب الكترونية
ALQ-151
ALQ-143
TSQ-114
TLQ-17A
MLQ-34
ULQ-14
PPS-5,-9
ALQ-150
ULQ-15
TSQ 11
سرية سطع وحرب الكترونية .
TSQ-109
TSQ-112
فوج سطع وحرب الكترونية بري
TLQ-15
TLQ-17A
MLQ-34
ULQ-14
فصيلة متحركة .
ALQ-151
ALQ-143
TSQ-114
TLQ-17A
MLQ-34
ULQ-14
PPS-5

الشكل (9) ـ مخطط انتشار قوات ووسائط السطع والحرب الالكترونية لفيلق قوات برية امريكي .

في اعمال القتال الدفاعية .
تستخدم وسائط الحرب الالكترونية التابعة للوحدات والتشكيلات على كامل عمق التراتيب القتالية مع أخذ طبيعة المهام القتالية التي تنفذها القوات بنظر الاعتبار وايضاً طبيعة وابعاد قطاع الدفاع ومقدار توفر القوى والوسائط . تُوزع وسائط المعاكسة الالكترونية كالعادة على كامل منطقة الاعمال القتالية وتوجه مركزياً من قبل ما يسمى بمقر قيادة الاعمال القتالية لفرقة وفيلق وجيش .

وعندما يكون التدمير الذي يلحق بقوى الصديق عميقاً ، يجب تركيز جهود السطع والمعاكسة الالكترونية الرئيسة على اكثر الاهداف المعادية اهمية وعلى مناطق العدو الاكثر تحشداً وعلى ارض المعركة الاقرب ـ أي على اكثر الاتجاهات لهجومات العدو . ويستخدم جزء من القوى والوسائط لتأمين حماية الفجوات في الدفاع والفواصل بين الوحدات والاجنحة .

يُباشر في تنفيذ التدمير العميق والمعاكسة الالكترونية في الوقت الذي تقترب فيه القوات المهاجمة من القوات المحصنة ويستمر ذلك اثناء خوض المعركة بقوات التغطية واثناء نشوب المعركة في المنطقة الرئيسة . وبما ان امكانيات القوات البرية ووسائط المعاكسة الالكترونية للفرق والفيالق ، في تنفيذ معاكسة الكترونية عميقة ضد العدو محدودة ، لذا يلجأوون لاستخدام وسائط المعاكسة الالكترونية الجوية بشكل رئيس . ومعها سوف تتعاون وسائط التنصت والتقاط المكالمات اللاسلكية على الامواج القصيرة ومحطات رادار المسح الجانبي ووسائط ا لسطع الراداري الجوي ووسائط السطع ووسائط المعاكسة الالكترونية التابعة للطيران التكتيكي ايضاً .

واثناء مجرى عملية صد العدو المهاجم يجب أن تنحصر المهام الرئيسة للسطع والمعاكسة الالكترونية في كشف وفضح مراكز القيادة وعقد الاتصالات والوسائط الالكترونية الفنية للوحدات والتشكيلات الامامية والتوصل لمعرفة نوايا العدو وتحديد ذلك المكان الذي ينوي الخرق منه اثناء الهجوم . والى جانب ذلك ، يُعطى دوراً كبيراً في هذه المرحلة لوسائط الانذار عن تحركات القوات المهاجمة . ولحل هذه المهمة ، يستخدم قسم من محطات رادار السطع البري ومجموعة مرسلات السطع البيانية من قبل قوات التغطية ، الواقعة في نطاق التأمين وعلى بعد يتراوح بين 50 و 60 كم عن منطقة الدفاع الرئيسة .

وفي الوية فرق النسق الاول ستعطى اوامر لالتقاط المخابرات اللاسلكية واصدار تشويش وسطع وخوض حرب الكترونية . وتعطى المعلومات الناتجة عن هذه المصادر الى مقرات قيادة وحدات وتشكيلات التغطية وايضاً الى مقر قيادة الاعمال القتالية للفرق والالوية للتقدير والتحليل . وفي نفس الوقت ، يجري تشكيل تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية ومحطات رادار السطع البري التابعة للقوات المهاجمة . وستشارك في فضح واعماء الوسائط الالكترونية الفنية الواقعة على مسافات بعيدة ،

قوى ووسائط استطلاع ومعاكسة الكترونية ، تابعة لفيالق الجيوش ومجموعة الجيوش ايضاً . وكلما اقتربت القوات المهاجمة اكثر ، كلما دعت الحاجة لإدخال قوى ووسائط الفرق في العمل .

وعند وصول المهاجمين الى قطاع الدفاع الرئيس وابتدائهم بخرقه ، تصبح المهمة الرئيسة للمعاكسة الالكترونية خرق نظام القيادة والتعاون لقوات العدو الرئيسة بواسطة اللاسلكي . وفي هذه الحالة يتم تشكيل التشويش بشرط الامتلاك ا لمسبق لمعلومات سطع كافية عن وسائط العدو الالكترونية الرادارية أو أن قواته ليست بذلك الوضع الذي يسمح لها بتنفيذ الهجوم . وإذا لم تتحقق هذه الشروط ، عندها يقترح على وحدات الحرب الالكترونية استخدام وسائط السطع الالكترونية فقط في حالات معينة ، كالاعماء المنتخب لاكثر شبكات الاتصالات اهمية أو تشكيل تشويش بري ماسح .

تُدعم قوى ووسائط المعاكسة الالكترونية بأعمال قوات التغطية التي تتناوب على حدود مناطق سَير الاعمال القتالية والتي تقوم باعماء شبكات اتصالات السطع والسيطرة القتالية على كتائب وافواج وفرق النسق الاول وتوجيه المدفعية والسيطرة على وحدات التشويش الالكتروني ومحطات رادار السطع البري وتحديد مواقع مدافع الهاون ومدفعية قوات الدفاع الجوي . تؤمن الدلالة عن الاهداف لهذه الوحدات من قبل وسائط التأمين الالكترونية الفنية الجوية والارضية . في بداية الامر يُشكل التشويش

ضد وسائط الاتصالات اللاسلكية التابعة لوحدات السطع والطلائع لمنع حصول قائد القوات المهاجمة على البلاغات واوامره من الوصول الى الوحدات المتقدمة . ومنذ بداية انتشار القوى الرئيسة للقوات المهاجمة يتم تشكيل التشويش على الاتصالات اللاسلكية لانظمة القيادة والسيطرة القتالية للابطاء من مجرى عملية الانتشار هذه . وإذا دخل في عداد قوات التغطية فوج مدرع مستقل فيتم دعمه بسرية سطع وحرب الكترونية .

اثناء خوض الاعمال القتالية ، يتم نركيز جهود قوى ووسائط السطع والمعاكسة الالكترونية الصديقة في المنطقة الرئيسة لمراقبة الوسائط الالكترونية الفنية المعادية وكشف مقرات القيادة والسيطرة والسطع التابعة له بهدف تدميرها والتنسيق بين اعمال المعاكسة الالكترونية ونيران ومناورة القوات الصديقة . واثناء نشوب المعركة القريبة ، يجب اعارة الاهتمام الاكبر لعملية الحصول على معلومات عن الوضع القتالي لفتح النيران في الوقت المناسب والقيام بالمناورة والمعاكسة الالكترونية في المناطق الاكثر تأثيراً ، وقبل كل شيء في مناطق الهجمات المعاكسة على الاتجاهات الرئيسة وفي غيرها من المواقع الهامة .

يتحقق الاعماء الالكتروني ، في آنٍ واحد ، مع استخدام النيران والمناورة ، بذلك الشكل ، الذي يكمل احدهما الآخر لاحداث ارباك في اعمال المهاجمين وإعاقة تقدمهم حتى تلك اللحظة التي

يدخلون فيها في اعمال القتال القريب . واثناء المعركة تتخذ تدابير لكشف الاتجاهات الضعيفة والقوية للدفاعات ونوايا القيادة أو تحويلها الى شكل مموه ، بهدف إجبار المهاجمين على التصرف حسبما يكون مفيداً للمدافعين . لهذ الغرض يجب أن تتمتع قوى ووسائط السطع والحرب الالكترونية الصديقة بالقدرة على تحديد امكانية وسائط سطع العدو المهاجم في الحصول على المعلومات عن القوات المدافعة ومراقبة فاعيلة اجراءات التمويه وفضح ما يعرفه العدو عن بناء الدفاعات واعمال القوات الصديقة .

الى جانب ذلك ، تؤمن هذه القوى والوسائط الاجراءات اللازمة لجعل العدو يقع في ضياع عن طريق ارسال اشارات ومعلومات كاذبة وتوصيل المعلومات الضرورية للاركانات لتنفيذ التمويه اللازم .

واثناء انسحاب قوات التغطية الى مواقع الدفاع الرئيسة ، تتجمع قوى ووسائط السطع والحرب الالكترونية لتأمين المعركة القريبة . وتعود وحدات الفيالق والفرق لتصبح تحت أمرة قادة مجموعات وكتائب السطع والحرب الالكترونية ، أما القوى والوسائط التابعة للفيالق والقائمة على تأمين الفرق فتنتقل الى تبعية كتائب الفرق . وتتقدم القوى والوسائط ذات امدية العمل القريبة ، التي تؤمن (عادة سرية مدعمة بفصيلة من مجموعة الفيلق) اللواء في القتال القريب ، تتقدم الى الامام

وعلى الاجنحة (الجوانب) . وعادة ما يركزون الجهود الرئيسة ضد وحدات التشويش الالكتروني واتصالات القيادة والسيطرة بين الكتائب والافواج ومنظومات دعمها الناري ومحطات رادار السطع البري ومواقع مدافع الميدان والهاون ومراكز التأمين ووحدات الدفاع الجوي ، الواقعة في افواج النسق الاول للقوات المهاجمة . أما وسائط السطع الجوية والمعاكسة الالكترونية فتعمل على اتجاه توجيه ضربات عميقة على الانساق الثانية .

وتستخدم محطات رادار مراقبة مسرح العمليات والمعارك واجهزة السطع والبيان ، الموزعة على اجنحة الالوية في منطقة الدفاع الرئيسة ، لتغطية القطاعات غير المأهولة من الارض بقوات الدفاع ولكشف اتجاه الضربة الرئيسة للعدو ، واظهار المواقع الاكثر خطراً على المدى الاقصى .

الباب السادس عشر

الحرب الالكترونية في أعمال القوى الجوية وقوات الدفاع الجوي .

تشير خبرة الاعمال القتالية والمشاريع والمناورات التدريبية الى أن نجاح تنفيذ المهام القتالية لجميع انواع الطيران يتعلق الى حد بعيد باسلوب تجنب الدفاعات الجوية ووسائط المعاكسة الالكترونية . ويمكن تجنب انظمة الدفاع الجوي بالاستخدام المركب لقوى ووسائط المعاكسة الالكترونية وبتدمير الوسائط الالكترونية الفنية المعادية بهدف تضليل انظمة السطع والسيطرة والقيادة لقوى ووسائط الدفاع الجوي .

وتشير الخبرة الى أن القوى الجوية تمتلك امكانيات كبيرة في المعاكسة الالكترونية بالمقارنة مع صنوف القوات المسلحة الاخرى ، لأنها أجود تزويداً بوسائط المعاكسة الالكترونية وتتميز بمناورة سريعة .

في القوى الجوية الغربية ، يعيرون الاهتمام الرئيس الى الإعماء الإلكتروني لانظمة الدفاع الجوي في عمليات الهجوم الجوية . ويعتبرون أن الهدف الرئيس لأول عملية هجومية جوية على مسرح الاعمال القتالية هو خرق التكامل في نظام الدفاع الجوي للطرف المقابل وتوجيه ضربات تدميرية ضد تجمعات قوات العدو المسلحة وجعل انظمة سيطرته على القوات والاسلحة وقيادتها في حالة يسودها سوء النظام . ولتحقيق هذا الهدف توضع نصب الاعين مهمة التوصل الى الهيمنة الجوية ، التي عندها يتم تأمين النجاح في تنفيذ القوى الجوية لإعمالها القتالية وينطبق هذا الامر على القوات البرية وقوات الدفاع الساحلي والقوى البحرية .

قد يصل عدد الضربات الجوية المركزة ، اثناء تنفيذ العملية الهجومية الجوية ، الى 2 وحتى الى 3 ضربات في اليوم . ويكون البناء العملياتي الهجومي للطيران اثناء تنفيذ العملية الهجومية الجوية على نسقين - نسق خرق انظمة دفاع العدو الجوية والنسق الضارب . يدخل في عداد نسق الخرق من 100 الى 120 طائرة منها (60 ـ 70) مطاردة تكتيكية بما فيها F – 4G ومتغيرات يصل عددها الى 30 للمرافقة وعدد من طائرات الحرب الالكترونية يتراوح بين (10 ـ 12) . وهذا النسق يجب أن يؤمن المعاكسة الالكترونية وتدمير محطات رادار توجيه صواريخ الدفاع الجوي والطيران المطارد . وفي نفس الوقت سوف تقوم طائرات الحرب الالكترونية والطائرات بدون طيار العاملة في المنطقة بإعماء محطات رادار الكشف البعيد للطيران المطارد وتوجيهه .

وحسب خبرة مناورات القوات المسلحة الموحدة لحلف الناتو ، على مسرح الاعمال القتالية في اوروبا الوسطى ، يمكن أن يدخل في عداد النسق الضارب حتى 700 طائرة ، منها 500 مطاردة تكتيكية ومطاردة قاذفة ، ومن 100 الى 120 مطاردة مرافقة و 50 طائرة سطع تكتيكي لسطع الاهداف وتحديد احداثياتها وعلى طائرات حرب الكترونية يتراوح عددها من 15 الى 20 . ويكلف هذا النسق بتدمير قوى ووسائط الدفاع الجوي المعادية وطائرات العدو وهي قابعة على الارض أو اثناء

طيرانها واخراج مطاراته ومقرات قياداته من الجاهزية القتالية .

يشترك جزء من الطائرات في عزل منطقة الاعمال القتالية وفي الدعم المباشر للقوات . وشاركت في عداد المجموعات الضاربة المطاردة التكتيكية نموذج 4 - F ـ 16 F و104G - Fوالتورنادو 1 - GR والهارير 3 - GRوالقاذفات الخفيفة « بوكانير » و«جاكوار » والمغيرات10 - A و 7D - Aو « الفاجيت » وطائرات الاستطلاع التكتيكي نموذج 4 ـ RFو « جاكوار » وطائرات الحرب الالكترونية نموذج 111 ـ EFو 4 G - Fو« كانبيرا 17 ـ T » . وكان يتم خرق انظمة الدفاع الجوي بقطاعات ذات عرض يتراوح بين (100 الى 120) كم .

اولاً ـ قوى ووسائط الاعماء الالكتروني في القوى الجوية .

يتم تأمين سطع واعماء الوسائط الالكترونية الفنية لانظمة الدفاع الجوي بواسطة الطائرات والحوامات من مختلف النماذج والانواع ، شريطة أن تكون مزودة بمنظومات المعاكسة الالكترونية المؤلفة من تجهيزات تشكيل التشويش السلبي والايجابي وبأهداف كاذبة .

في بداية الستينات ، كانت القاذفات الاستراتيجية 52 ـ Bهي فقط المجهزة بوسائط المعاكسة الالكترونية . ولكن واثناء اشعال امريكا للحرب ضد فيتنام ، قامت وبشكل سريع بتزويد طائرات سلاح الجو التكتيكية بهذه المعدات ومن ثم طائرات سلاحي البر والبحر . ما عدا ذلك ، يستخدم الغربيون طائرات حرب الكترونية خاصة ، مخصصة لسطع واعماء الوسائط الالكترونية الفنية من الارض ومن التراتيب القتالية للطيران لاخفاء الاتجاه الحقيقي للضربة الجوية الرئيسة وتراتيب المجموعة الضاربة وتركيبها . ان طائرات سلاح الجو والقوى البحرية مجهزة بشكل رئيس بحاويات تحتوي على وسائط المعاكسة الالكترونية للحماية الفردية ، مخصصة لاعماء الوسائط الالكترونية الفنية التي تقوم بتوجيه الاسلحة ـ الصواريخ والمدفعية م / ط ، وللحماية الجماعية ـ مخصصة لاعماء محطات رادار الكشف وتحديد الدلالة عن الاهداف والتسديد والاتصالات اللاسلكية ـ المخصصة لتوجيه صواريخ م / ط والطيران المطارد .

تمتلك القاذفات الاستراتيجية نموذج 52 ـ B و 1 ـ B و 111 ـ FBو « ميراج ـ 4 » على : وسائط تشكيل تشويش تمويهي وتقليدي وعلى رشاشات لقذف العواكس الديبولية الرادارية ومصائد الاشعة تحت الحمراء وصواريخ تحتوي على عواكس ديبولية ، تطلق الى الامام باتجاه خط سير الطائرة وعلى محطات انذار مبكر عن الاشعاعات الرادارية والاشعة تحت الحمراء وعن الصواريخ القادمة وعلى محطة سطع راديوي اولي .

فعلى سبيل المثال ، تحتوي منظومة الحرب الالكترونية في الطائرة B - 52 على تجهيزات قادرة على فضح واعماء التجهيزات الرادارية واللاسلكية العاملة ضمن مجال الترددات من (30 حتى 10900) ميغاهيرتز . ويدخل في عداد هذه المنظومة : من (2 الى 3) محطة تشكيل تشويش تمويهي وتقليدي نموذج ALQ - 117 وALQ - 132 مخصصة لاعماء محطات رادار منظومات الدفاع الجوي الصاروخي والمدفعي ومحطات التقاط الطائرات المطاردة والتسديد عليها وعلى (1 - 2) محطة تشويش

نموذج (ALQ - 71) (ALQ - 72) وثلاثة رشاشات نموذج ALE - 24 لقذف ديبولات العواكس الراديوية ومصائد الاشعة تحت الحمراء ومرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة وايضاً على مستقبل سطع راديوي ومستقبل انذار عن الاشعاعات الرادارية وعلى محطتين نموذج 18 - ALR ومستقبل انذار نموذج 36 - APR ومستقبل اشعاعات تحت الحمراء نموذج 23 - و 21 - ALR لانذار الاطقم عن الصواريخ المطلقة باتجاه الطائرة . الى جانب ذلك تستطيع هذه المنظومة

استخدام صواريخ - اهداف كاذبة نموذج SCAD مزودة بتجهيزات لتشكيل تشويش ايجابي وسلبي ضد محطات الرادار ، وصواريخ - مصائد نموذج ADR – 8A تطلق بواسطة قواعد اطلاق نموذج 25 - ALE كما يمكن أن يحتوي جسم الطائرة على اربع مصائد رادارية نموذج « كويل » وحوالي 100 مصيدة اشعة تحت حمراء و 1000 حزمة عواكس ديبولية راديوية .

أما القاذفة الاستراتيجية نموذج B - 1 فمجهزة بمنظومة حرب الكترونية متعددة المهام ، مخصصة لسطع الوسائط الالكترونية الفنية العاملة ضمن المجالات الترددية من (50 حتى 18000) ميغاهيرتز واعمائها . تتألف المنظومة من محطات تشكيل تشويش ايجابي نموذج ALQ - 161 ورشاشات نموذج ALE – 29 ومحطات سطع راديوي وانذار الطاقم عن وجود اشعاعات رادارية وعن الصواريخ م / ط ، تُطلق باتجاه الطائرة . كما تستطيع الطائرة استخدام صواريخ ضد محطات الرادار نموذج « ستاندارت ARM » . وتجدر الاشارة هنا الى أن السطع العاكس الفعال لهذه الطائرة تم تخفيضه عدداً من المرات يتراوح بين 20 الى 50 وذلك نتيجة لشكلها الانسيابي واستخدام مواد قادرة على تخميد طاقة الامواج الكهرطيسية الواردة .

يتألف الطيران التكتيكي الضارب ، المشكل اساساً في وحدات القوى الجوية التابعة لحلف الناتو ، من الطائرات F - 111 « جاكوار » ، F – 4 F - 15 F-16 « تورنادو » المجهزة بمستقبلات انذار عن الاشعاعات الكهرطيسية وبحاويات تحتوي على منظومات تشكيل تشويش ايجابي ضد محطات الرادار نموذج ALQ - 72 ALQ - 119 ALQ - 131 و ومحطات تشويش تعمل على الاشعة تحت الحمراء نموذج ALQ - 123 ورشاشات ALE – 29 لرمي مصائد اهداف كاذبة حرارية ومرسلات ذات الاستخدام لمرة واحدة .

إن طائرات وحوامات قوى حلف الناتو البرية مجهزة بمنظومة كشف الاشعاعات تحت الحمراء والرادوية واللايزرية نموذج39 – APR 44 ـ APR 46 ـ ALR 38 ـ AAR 165 ـ ALQ 2 ـ AVR(و ومحطات تشويش ضد محطات الرادار نموذج 131 ـ ALQ) 162 ـ ALQ و 165 ALQ – ووسائط تشكيل تشويش ضد الاجهزة العاملة على الاشعة تحت الحمراء 107 ـ – ALQ 147 – ALQ – 132 ALQ – 144, ALQ ورشاشات طراز 130 ـ Mلرمي ديبولات العواكس الراديوية واهداف حرارية كاذبة ومرسلات ذات الاستخدام لمرة واحدة

أما الطائرات المتخصصة بالحرب الالكترونية فمجهزة بوسائط ا لسطع اللاسلكي واللاسلكي الفني وبوسائط المعاكسة الالكترونية ، القادرة على كشف جميع انواع الوسائط الالكترونية الفنية التابعة لقوى الدفاع الجوي وتدميرها (الملاحق 7 ، 8) .

فعلى سبيل المثال ، نجد طائرة الحرب الالكترونية طراز 57 ـ EBمجهزة بوسائط السطع الراديوي والتشويش ضد محطات رادار كشف الاهداف الجوية ومحطات توجيه وسائط التدمير التابعة لقوى الدفاع الجوي . ومن بين عداد وسائط السطع الراديوي نجد المستقبلات نماذج9B – APR ـ 13 APR 14 ـ APR 26 ـ APR 27 ـ APR ومحطات تشكيل التشويش الالكتروني الايجابي ضد محطات الرادار من طراز 6 ـ ALT 14 ـ ALTأو 71 ـ ALQ 72 ـ ALQ ورشاشات طراز 2 ـ ALE

والنموذج 66B – EBالاكثر حداثة من طائرات الحرب الالكترونية يمكنه أن يحمل عدداً من مرسلات التشويش الراداري ضمن المجالين السنتمتري والديسمتري يتراوح بين (4 الى 5) ونماذجها 15 ـ ALT 16 ـ ALT 18 ـ ALQو QRC – 279A وتستطيع تغطية مجال ترددي يتراوح بين 30 الى 10760 ميغاهيرتز ، ورشاشات طراز 24 ـ ALEو 25 ـ ALEلرمي العواكس الرادارية والمصائد الحرارية ، وعدد من مستقبلات السطع الراديوي قدره خمسة نماذجها 9 – APR 14 ـ APR 25 ـ APR 26 ـ APR ومرشد راديوي نموذج 6 ـ ALA ومحلل اشارات راديوية نموذج 74 ـ APR . واخيراً تم سحب الطائرات نماذج 57 ـ EBو 66B – EBمن التسليح وحولت الى الاحتياط .

صنعت الطائرة طراز EF – 111A(الشكل 10) لتنوب مكان الطائرة 66 ـ EB لأنها أظهرت فاعلية محدودة في فيتنام . زود الطراز الجديد بمنظومة تتألف من وسائط تشويش ضد محطات رادار الانذار المبكر والتوجيه وانتاج الدلالة عن الاهداف وايضاً توجيه صواريخ الدفاع الجوي المجنحة ومدفعية الدفاع الجوي ايضاً . يدخل في عداد هذه المنظومة 10 محطات تشويش الكتروني ضجيجي وجوابي ، تقوم هذه المحطات بالحماية الجماعية 99E – ALQ والفردية 123 ـ ALQ 131 ـ ALQ

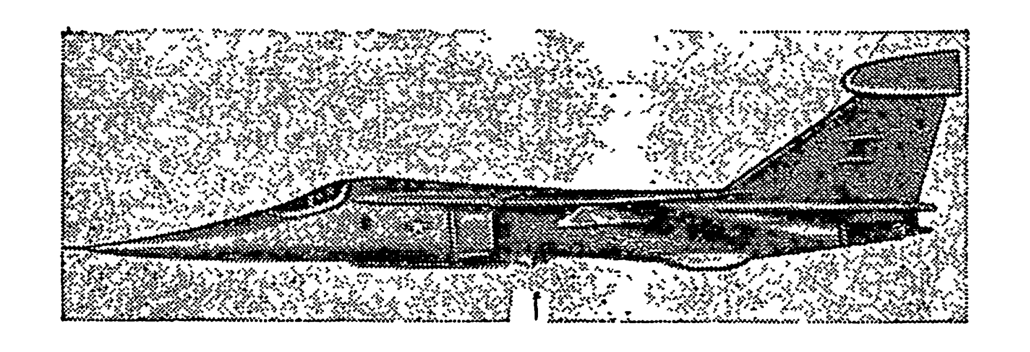
ALQ 137 للطائرات والرشاش طراز 40 ـ ALE ونظام السطع اللاسلكي الفني نموذج (62 ـ ALR) لكشف اشارات محطات الرادار والانذار عن ورود اشعاعات الى جسم الطائرة وتوجيه محطات التشويش الالكتروني لتعمل في اتجاه ورود الاشعاعات ، وعلى منظومة تحليل الاشارات الراديوية وتوجيه عمل وسائط المعاكسة الالكترونية . تتموضع معدات المعاكسة الالكترونية الفنية التي تزن 2721,5 كغ في جسم الطائرة ، الأمر الذي يسمح بالحفاظ على مواصفات طيران تكتيكية عالية للطائرة ، ويفضل هذا الأمر تستطيع الطائرة العمل لا في مناطق الانتشار بل وضمن الترتيبات القتالية للطيران الضارب . أما منظومة السطع اللاسلكي الفني فمركبة في حاويات .

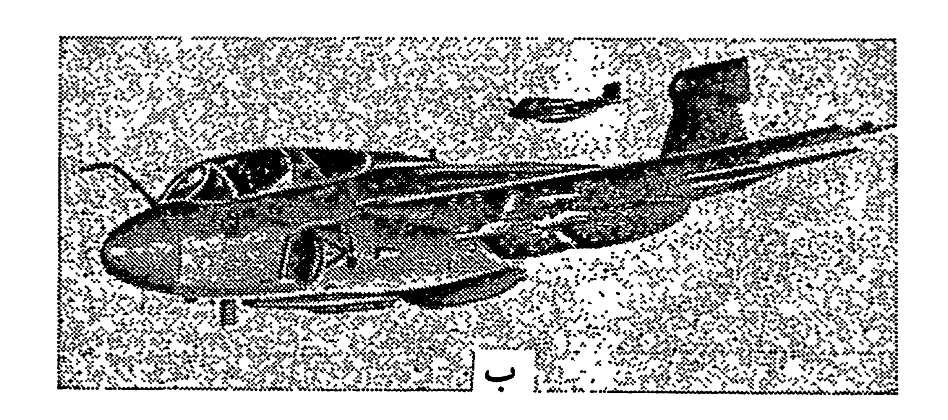
يمكننا التحكم بعمل وسائط السطع الراديوي والمعاكسة الالكترونية الموجودة في الطائرة – EF 111A آلياً بواسطة حاسوب الكتروني مركب في الطائرة ، أو بطريقة نصف آلية أو يدوية من قبل عامل فني يخصص لذلك . يقوم الحاسوب الالكتروني عند العمل على نظام التحكم الآلي بالتحكم بنظام البحث عن طريق تحديد انواع الوسائط الالكترونية الفنية المكتشفة والخطورة المحتملة من قبلها وباختيار وسائط المعاكسة الالكترونية اللازمة لاعمائها .

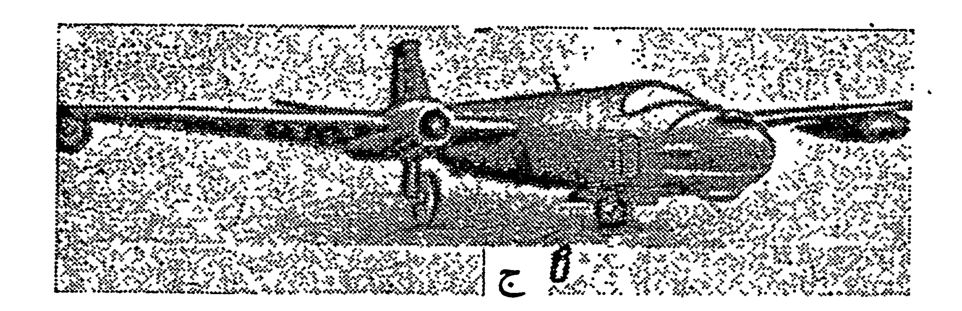
أما حين العمل على نظام التحكم النصف آلي ، فيقوم الحاسوب بالتحكم بعملية البحث عن الاهداف ، أما بقية العمليات فيقوم بها عامل فني . وعندما تطير الطائرة فوق الاراضي الصديقة ، فإن وسائط تشكيل التشويش الايجابي ضد محطات الرادار تستطيع اعماء عدة محطات رادار ، في نفس الوقت ، والتي تكون على أمدية تتراوح بين (175 و 200) كم عن خط التماس القتالي لقوات طرفي النزاع . ومع وصول منتصف عام 1987 كان قد دخل في تسليح القوى الجوية للولايات المتحدة 36 طائرة من هذا الطراز .

تقول تقارير الاخصائيين الغربيين أن استخدام طائرات الحرب الالكترونية للحماية الجماعية يمكنه تخفيض خسائر الطيران الضارب الناتج عن المطاردات الى ٪ 70 وعن صواريخ الدفاع الجوي حتى ٪ 30 .

تتوسع امكانيات سطع واعماء الوسائط الالكترونية الرادارية لانظمة الدفاع الجوي باستخدام الاجهزة الطائرة الموجهة عن بعد والتي هي عبارة عن الطائرات بدون طيار والطائرات الشراعية والصواريخ الموجهة . وتستخدم الاخيرة في الحرب الالكترونية لسطع الوسائط الالكترونية الفنية العاملة وتأمين الدلالة عن الاهداف واعادة بث الاشارات واسقاط العواكس الديبولية الراديوية والمرسلات ذات الاستخدام لمرة واحدة وتشكيل التشويش الايجابي وتنفيذ العمليات الاستعراضية وغيرها من المهام . ويتم توجيهها على اقنية التوجيه التلفزيونية أو بواسطة وسائط ملاحية واللاسلكي ، الذي بواسطته يمكننا توجيه عدة اجهزة طائرة في نفس الوقت .







الشكل (10)

طائرات الحرب الالكترونية .

أ ـ EF – 111A رافين ، ب ـ EA – 6B براولار ، ج ـ « كانبيرا » T.17

تمتلك طائرات الحرب الالكترونية بدون طيار ، المنتجة في الغرب (انظر الشكل 11) بالمقارنة مع الطائرات العادية ، تمتلك امكانيات على المناورة أفضل وكبيرة الأمر الذي يزيد من الحيوية والقدرة

العملياتية وتمكنها من الاستخدام في المناطق التي تتمتع بحماية متماسكة من قبل وسائط الدفاع الجوي وفي المناطق الملوثة بالاشعاعات الذرية وفي ظروف الرؤية المختلفة ولا تحتاج الى مطارات مجهزة للهبوط أو الاقلاع في الظروف شديدة التغير. وبفضل استخدام اللدائن البلاستيكية والزجاج والمواد الماصة للاشعاعات الرادارية في صناعة الطائرات بدون طيار، بفضلها تنخفض مساحة السطع العاكس الفعال حتى 1,0 م2، الأمر الذي يحد من امكانية اكتشافها وبالتالي اسقاطها. في الغرب يعتبرون أنه في نهاية الثمانينات ستصبح الطائرات بدون طيار إحدى الوسائط الهجومية الجوية الفعالة في الاعمال القتالية على مسرح القتال الاوروبي، حيث تتركز اكبر كمية من وسائط الدفاع الجوي.

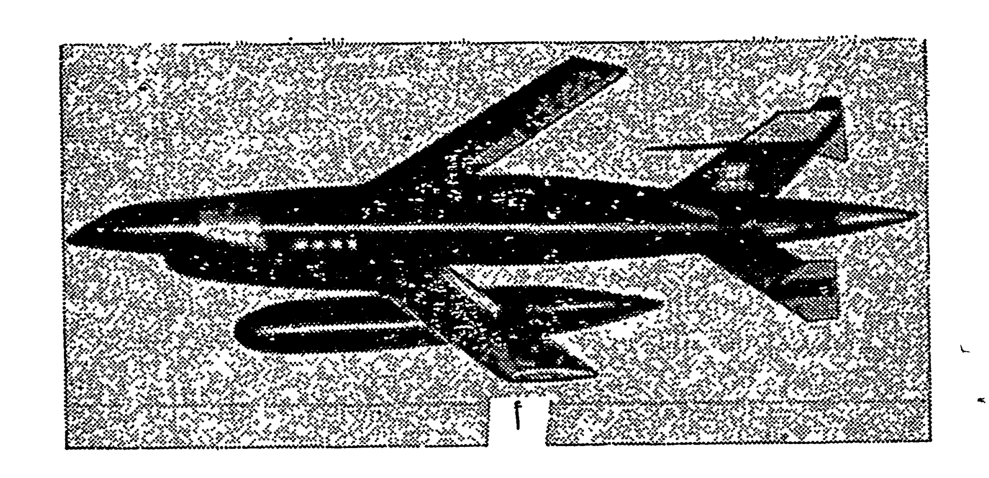
تمتلك الولايات المتحدة الامريكية كمية كبيرة من الطائرات بدون طيار. إذ تنتج واحدة فقط من الشركات المتخصصة بذلك وهي «تيليدان ريان» 24 نموذجاً من نوع «AQM_34» ويستخدم قسم منها لسطع واعماء الوسائط الالكترونية الفنية. وجميع هذه النماذج يمكن اسقاطها من الطائرة DC _ 130 التي تقوم بمهمة حمل هذه النماذج وتصبح مركزاً جوياً لتوجيهها ونقل المعلومات المستخلصة. توجه الطائرات بدون طيار بواسطة الاقنية اللاسلكية أو عن طريق برامج مسبقة التحميل في حاسباتها الالكترونية. توجه الطائرة بدون طيار، بعد تنفيذها لمهمتها الى منطقة محددة حيث تهبط هناك بواسطة مظلة أو تلتقط في الجو من قبل حوامات مخصصة لذلك.

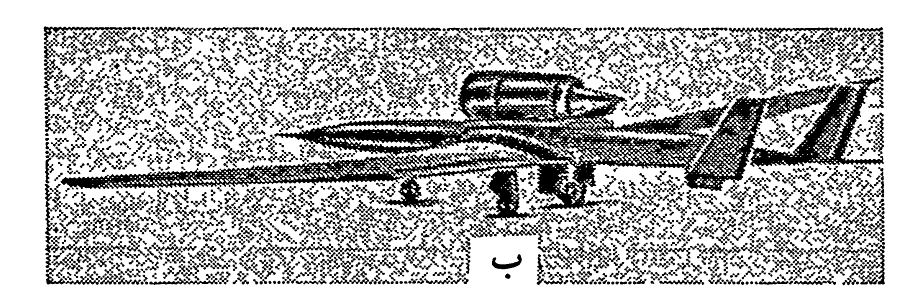
تستطيع الطائرة بدون طيار نموذج AQM – 34V حمل حاويتين يصل وزنها الى 230 كغ ورشاشات من طراز 38 _ ALEوذلك تحت الاجنحة. يحتوي قسمها الامامي على خمس محطات تشويش راديوي، قادرة على العمل ضمن المجال من 800 حتى 3000 ميغاهيرتز ومنظومة سطع لاسلكي فني. يتم توجيه هذه الطائرة بواسطة النظام الراديوي APS الذي يتألف من مجيب ومستقبل اوامر ومرسل للنشرة الجوية (الارصاد).

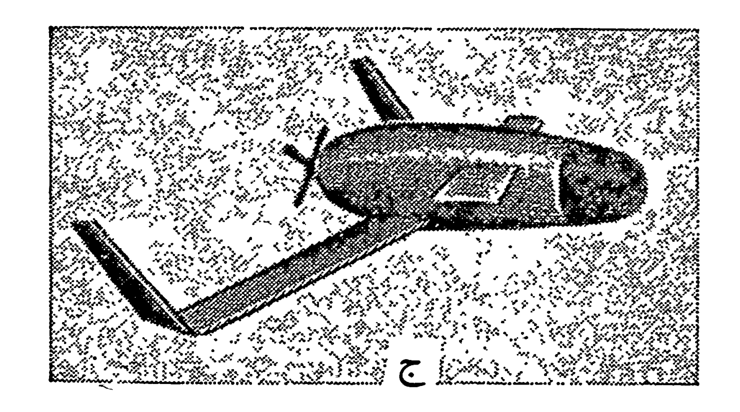
إن الطائرة بدون طيار «BQM – 34F» مجهزة بمحطة تشويش ضد محطات رادار الدفاع الجوي. واستخدمت احدى النماذج من نوع AQM – 34Hفي فيتنام لتشكيل تشويش ايجابي ضد محطات الرادار.

أما الطائرة بدون طيار «برايرز» _ 2 فمجهزة بمنظومة اعماء الكتروني، تتألف من مستقبل سطع راديوي وتجهيزات انتاج المعلومات ومرسلات تصل استطاعاتها الى 20 واط ويتم توجيهها بأوامر تصدر من مقر موجود على الارض. وهذه المنظومة تستطيع كشف الوسائط الالكترونية الراديوية العاملة والتوليف على تردد الواسطة المقصودة وارسال تشويش ضمن مجال ترددي يتراوح بين 30 و 300 ميغاهيرتز.

في عام 1983 انتجت الولايات المتحدة الطائرة بدون طيار صغيرة الحجم «بيف تايقر»







الشكل (11)

طائرات حرب الكترونية بدون طيار .

أ ـ AQM – 34H ب ـ YQM – 98A ج ـ بيف تايغر .

خصصت للبحث عن محطات الرادار وتدميرها وتوجيه صواريخ ومدفعية الدفاع الجوي وتضليل انظمته لتسهيل مهمة الطيران المقاتل . وزنها لا يتجاوز 115 كغ وسرعتها 185 كم / سا وزمن الطيران الكلي 10 ساعة . تطلق من قاعدة اطلاق برية ، تحتوي على 15 حاوية اطلاق . وحسب تقدير قيادة سلاح الجو الامريكية ، يسمح الاستخدام الكثيف للطائرات بدون طيار من طراز « بيف تايقر » ، في الاعمال القتالية على المسرح الاوروبي الحد من استخدام طائرات الاعماء الالكتروني أو تجهيزات الاعماء الالكتروني اثناء اختراق وسائط الدفاع الجوي وايضاً الحد من استخدام طائرات الحرب الالكترونية التي تؤمن اعمال الطيران التكتيكي .

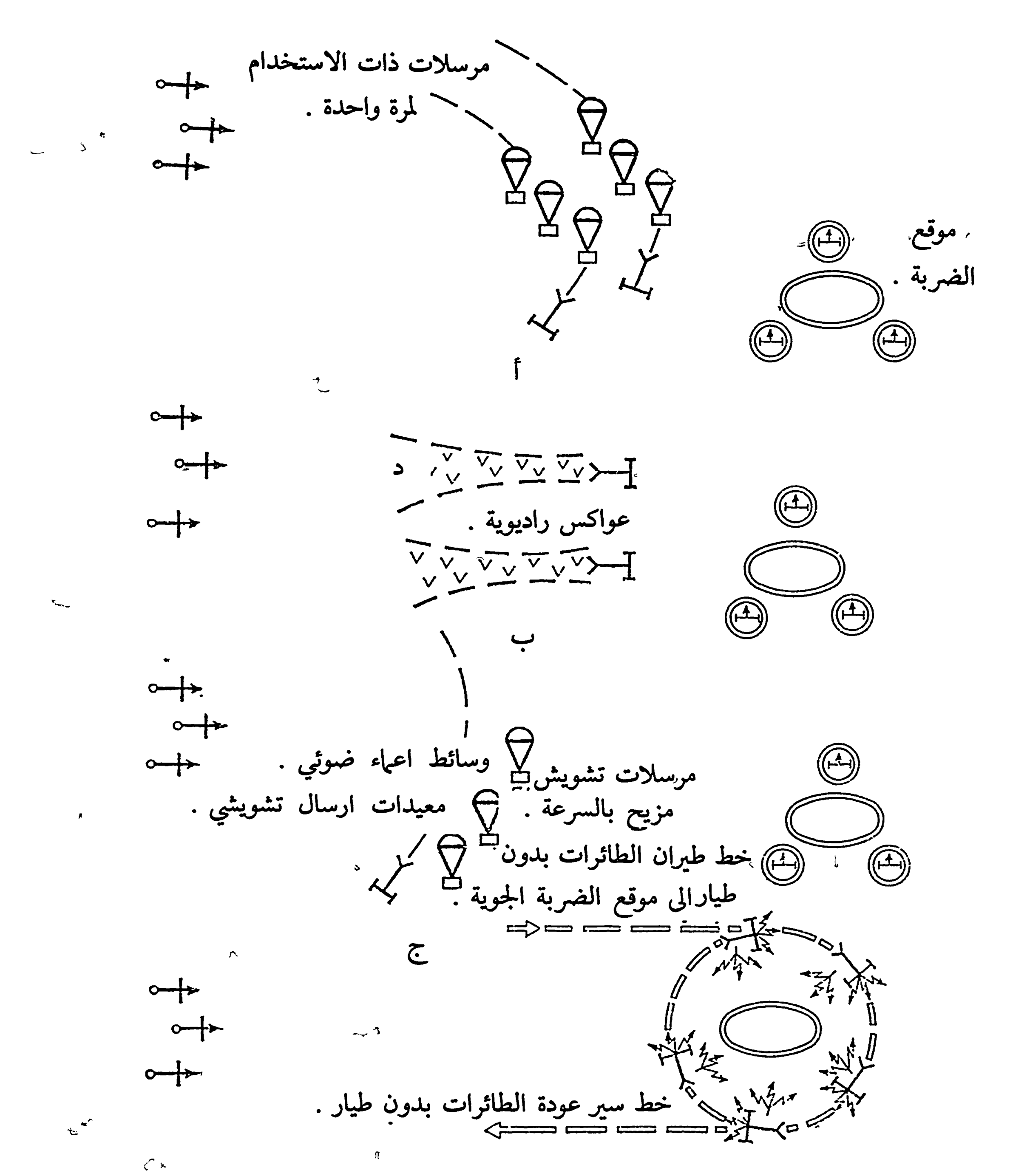
استخدمت الطائرات بدون طيار ، المنتجة في الغرب في السطع والحرب الالكترونية ، استخدمت بنجاح في المناورات والمشاريع التدريبية وفي الحروب الاقليمية (في المانيا الغربية « توكان » في بريطانيا « ستابيلات » في اسرائيل « ماستيف » و « سكاوت » ، في ايطاليا « اندروميتا ») . تتراوح سرعة طوفانها من 100 حتى 180 كم / ساعة وارتفاع طيرانها أثناء الاستخدام القتالي من 1 حتى 3 كم ومدى الطيران من 3 ـ 4 ساعة . تصنف الاجهزة الطائرة بدون طيار حسب الوزن الى ثقيلة (اكثر من 1500 كغ) ومتوسطة (من 100 حتى 1500 كغ) وصغيرة (حتى 100 كغ) .

تستطيع الطائرات بدون طيار العمل فوق اراضي الصديق وضمن الترتيبات القتالية للطيران الضارب أو على خطوط ومسارات خاصة بها (انظر الشكل 12) . تتمكن الطائرات بدون طيار اسقاط مرسلات تشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة وعواكس ديبولية بواسطة المظلات وذلك قبل انطلاق الطيران الضارب مباشرة ، مشكلة بذلك ممرات تستطيع الطائرات العادية المرور خلالها دون أن تخضع للكشف من قبل العدو . واثناء طيران الطيران الضارب تستطيع استخدام مرسلات

لتشويش مزيح بالسرعة لابعاد الصواريخ التي تستخدم رؤوس توجيه ذاتية ووسائط اعماء ضوئي ضد الوسائط الالكترونية وايضاً معيدات ارسال تشويش للصراع ضد الاشعة تحت الحمراء والوسائط التلفزيونية والضوئية ـ الالكترونية ، التي تقوم بتوجيه السلاح المضاد للطائرات . وحينما تستخدم هذه الطائرات كأهداف كاذبة تستهوي الصواريخ الموجهة إليها تعقد من عمل عمال محطات الرادار ، الأمر الذي يحد من امكانيات انظمة الدفاع الجوي المعادية وعمل منظومات توجيه الوسائط المضادة للطائرات والطيران المهاجم .

إستخدم المعتدون الامريكيون والاسرائيليون طائرات الحرب الالكترونية بدون طيار في الاعمال القتالية في جنوب شرق آسيا وفي الشرق الاوسط . حيث نفذوا 2500 طلعة جوية للسطع وتشكيل تشويش ضد محطات رادار الدفاع الجوي فوق اراضي فيتنام .

تمتلك القوات الجوية وطائرات الاساطيل البحرية الحربية لحلف الناتو اسراباً جوية ومجموعات



الشكل (12) اساليب عمل طائرات الحرب الالكترونية بدون طيار اثناء تنفيذ الضربات الجوية ضد مواقع محمية من الدفاعات الجوية .

أ و ب ـ عواكس ديبولية راديوية ومرسلات ذات الاستخدام لمرة واحدة . ج ـ مرسلات مزيحة للتشويش بالسرعة ووسائط اعماء ضوئي ومرسلات معيدة للتشويش . د ـ حالة التشويش .

برية واجنحة وافواج حرب الكترونية .

تقوم اسراب الحرب الالكترونية اثناء عملها فوق اراضي الصديق أو عندما تكون في التراتيب القتالية الجوية بحماية هذه التراتيب اثناء اختراقها منظومات الدفاع الجوي المعادية والخروج الى نقاط توجيه الضربات والعودة الى مناطق التمركز .

يدخل في عداد كل جيش جوي في الولايات المتحدة حتى ثلاثة اسراب جوية من الطائرات نموذج « RF – 4C » ومن (1 ـ 2) سرب حرب الكترونية في كل منها 18 طائرة نموذج « EF – 111A » و « EC – 130F » وسرب جوي من الطائرات بدون طيار نماذج « AQM – 34V » و « RGM – 34c » و « لوكاست » أو « بيف تايقر » ومجموعة ارضية للأمن والحرب الالكترونية . تدخل اسراب الحرب الالكترونية الجوية في عداد تسليح القوات الجوية في دول حلف الناتو الاخرى .

تخصص المجموعات الارضية وأجنحة وافواج الحرب الالكترونية لسطع منظومات الاتصالات اللاسلكية التابعة للسلاح الجوي والدفاع الجوي واعمائها بتشويش يرسل على الامواج القصيرة والقصيرة جداً .

يدخل في عداد الجيش السابع عشر الجوي فرقة حرب الكترونية تتألف من ثلاثة اجنحة جوية من الطائرات نموذج EF – 111A وEC – 130H و F – 4G .

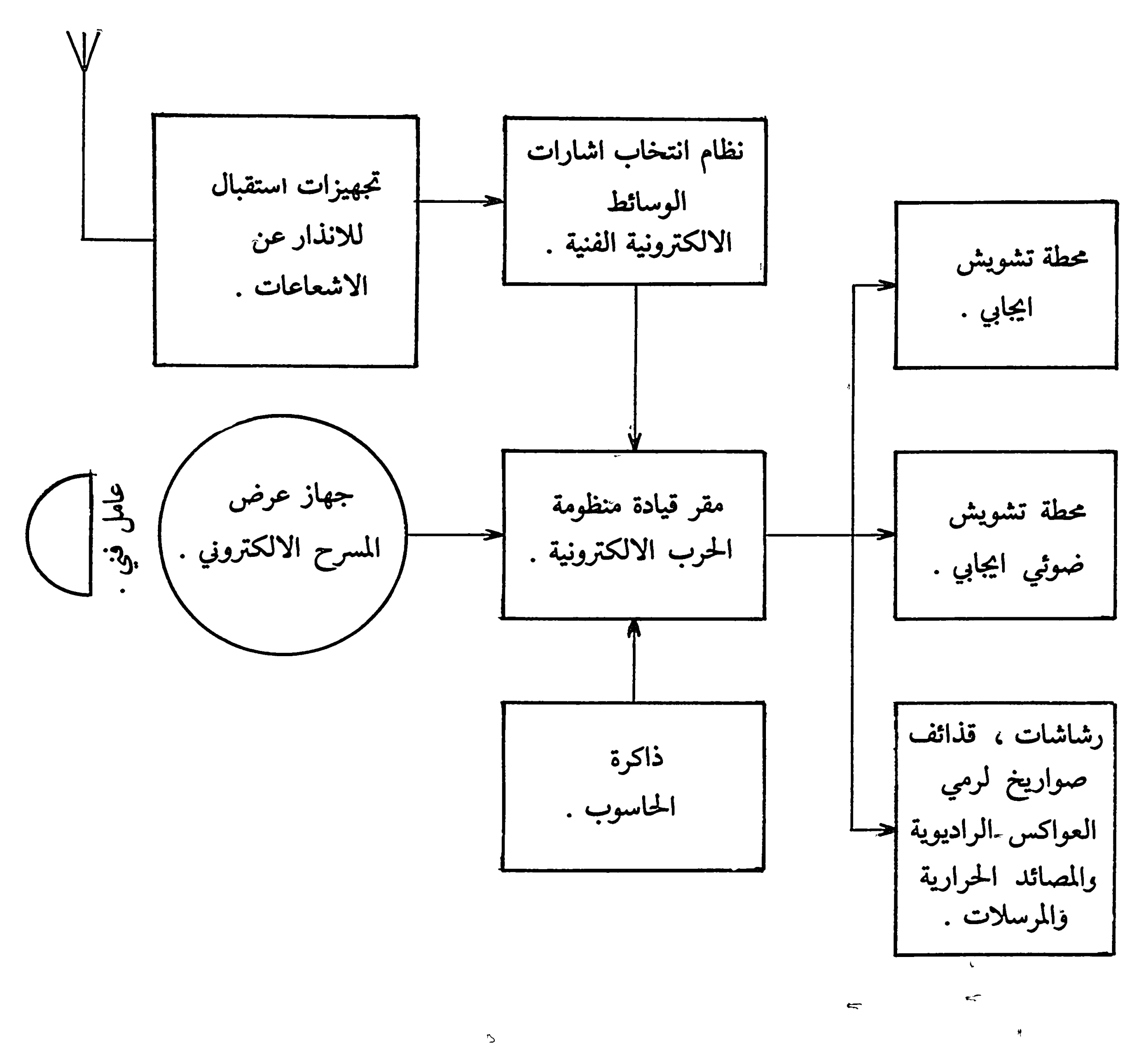
تضم القوات الجوية الامريكية قيادة للأمن والحرب الالكترونية ، مخصصة لتنفيذ مهام السطع الالكتروني وتأمين الاتصالات اللاسلكية وتشفير الارسالات الراديوية وتأمين سرية عمل الوسائط الالكترونية الفنية وانظمة الاتصالات والاعماء الالكتروني اثناء تنفيذ الاعمال القتالية . تتمركز وسائط هذا الجيش ووحداته واجنحته واسرابه على اراضي الولايات المتحدة الامريكية ، وفي محيط الدول الاشتراكية ايضاً بما فيها اراضي المانيا الغربية وبريطانيا وايطاليا واليونان وتركيا واليابان وفي برلين الغربية ايضاً . يبلغ تعداد الطاقم البشري لهذه القيادة 12 الف عسكري .

تحتوي منظومات الاعماء الالكتروني المخصصة للحماية الذاتية (الفردية) على الطائرات والحوامات الاستراتيجية والتكتيكية الموجودة في تسليح القوات الجوية والاسطول البحري الحربي . يدخل في عداد كل منظومة مستقبلات كشف وتجهيزات اسقاط عواكس راديوية ومصائد حرارية ومحطات توليد تشويش ايجابي .

تم تجهيز بعض الطائرات والسفن البحرية الحربية بانظمة متكاملة للحرب الالكترونية (انظر الشكل 13) ، تتألف من تجهيزات استقبال راديوية ومنظومات انتخاب ووسائط تشكيل تشويش ايجابي وسلبي ومركز توجيه الدلالة عن الاهداف . تؤمن تجهيزات الإستقبال الراديوية استقبال الاشارات والتعرف على الوسائط الالكترونية الفنية الداخلة في عداد منظومة توجيه القوات والاسلحة

البلد	التابعية	عدد الاسراب الجوية	عدد الطائرات	نماذج الطائرات	ملاحظات .
الولايات المتحدة	القيادة الجوية الاستراتيجية	3 اسراب طيران استراتيجي .	34	11EC- 135K 7EC- 130E 7EC- 130H 16EF- 111	تمتلك الولايات المتحدة 420 طائرة حرب الكترونية وحوالي 80حوامة حرب الكترونية
	قيادة الطيران التكتيكي .	3 اسراب طيران تكتيكي احدهما في اوروبا يتألف من ثلاثة رفوف من الطائرات 12EF – 111	36	EF- 111A	
	الاسطول البحري الحربي	4 اسراب سطع وحرب الكترونية منتشرة في قواعد تابعة للاسطولين الاطلسي والهادي وفي منطقة البحر المتوسط .	27	EA- 6B	
		3 اسراب حرب الكترونبة تابعة لسلاح المشاة البحرية	15 في كل سرب	EA- 6B	
	-	سرب حرب الكترونية تابع لطيران سطع الاسطول البحري .	15	EA- 6B	
		11 سرب تابعة لحاملات الطائرات .	80 (اربعة غلى - كل حوامة) .		

	طيران الجيش .	10 اسراب تابعة لالوية سلاح البرّ ومجموعة حرب الكترونية تابعة لفيالق الجيش .	150	RV – 1D RU – 21	
		12 رف من الحوامات تابعة لكتائب الحرب الالكترونية في فرق الولايات المتحدة .	36	الحوامات EH– 1H EH– 60A	
بريطانيا	القوى الجوية	3 اسراب حرب الكترونية (51 ، 155و 360) .	31	كانبيرا T – 17 ايندافير E3 تورنادو ECR نمرود R – 1	
ايطاليا	القوى الجوية	سربا حرب الكترونية .	13	PD – 808 ECM C.222. ECM MB.326. ECM	
فرنسا	القوى الجوية	الاسراب 51 و 54 للاتصالات والحرب الالكترونية . سرب حرب الكترونية (11) .	6 في كل سرب	« نوراتلاس » DC –8 « ميراج » F – 1CE	يتبع للحرب الالكترونية حوامات « بوما » .
المانيا	القوى الجوية القوى البحرية	سرب حرب الكترونيه . سرب حرب الكترونية . فصيلة حرب الكترونية .	7 5 10	HFB – 320. ECM اتلانتيك	



الشكل (13)

المخطط الصندوقي لمنظومة اعماء الكتروني تكاملية .

المعادية . تحدد منظومة الانتخاب مواصفات الاشارات المستقبلة وتعطى الى مقر القيادة ، حيث يتم هنالك تحديد درجة خطر الوسائط المكتشفة بناءً على المعلومات المستقاة جميعها بأولويات : 1 ـ منظومة توجيه الصواريخ ، 2 ـ منظومة توجيه النيران ، 3 ـ منظومة البحث والملاحقة ، 4 ـ منظومات كشف الاهداف .

بعد أن يحصل العامل الفني على المعلومات بعد تحليلها عن احداثيات الواسطة الالكترونية ، يقوم بتوجيه وسائط الاعماء الالكتروني يدوياً أو يحولها الى نظام التوجيه الاتوماتيكي . وحسب المنطق

وطبيعة الخطر والاولوية يختار العامل الفني أو مقر القيادة الاشكال المناسبة لتعديل الاشارات والاستطاعة المرسلة في شعاع الهوائي الشبكي الطوري المتعدد الاشعة ، واتجاه الاشعاع والتوزيع الزمني للطاقة المرسلة ويطلق محطة التشويش للعمل ويستخدم وسائط الاعماء الالكتروني ذات الاستخدام لمرة واحدة (العواكس الديبولية الراديوية ، المرسلات ، الاهداف الكاذبة الحرارية وغيرها لكي يصبح الاعماء الالكتروني اكثر فاعلية

يسمح التصميم المركب المتكامل لمثل هكذا انظمة الحصول على (15 الى 20) احتمال مختلف لمحطات تشويش لتغطية 10 مجالات ترددية فرعية من مجالات الوسائط المقصودة وتشكيل 40 نوع من انواع تعديل التشويش .

تؤمن وسائط الحرب الالكترونية الجوية إن كانت للحماية الذاتية أو الجماعية السطع والاعماء الالكترونيين للوسائط الالكترونية الفنية التابعة لقوات الدفاع الجوي المعادية حتى مدى يصل الى 300 كم .

وحسب معطيات الاخصائيين الغربيين فإن استخدام وسائط الاعماء الالكتروني للحماية الذاتية والجماعية يخفض من امكانية اكتشاف الطائرات أثناء التحليق في مسرح عمل وسائط الدفاع الجوي للطرف المعادي حتى 20 مرة .

يخططون في القوات الجوية الامريكية وغيرها من دول حلف الناتو لاعادة تسليح الطائرات بوسائط اعماء الكتروني حديثة للحماية الذاتية ، قادرة على السطع العملياتي لوسائط منظومات الدفاع الجوي الحديثة واعمائها الكترونياً ، وسوف ينجزون ذلك في منتصف التسعينات . كما ستتمكن هذه الطائرات من سطع طائرات الاستطلاع وتأمين الدلالة عن الاهداف ومنظومات السطع الضاربة التي تستخدم هوائيات شبكية طورية وستلجأ إلى طرق جديدة لانتاج الاشارات مع الاخذ بعين الاعتبار للتبدلات الطارئة على الوضع الالكتروني الراديوي .

ستبقى انظمة الاعماء الالكتروني المستقبلية حتى عام 2000 تتألف من وسائط سطع الكتروني تنفيذية ووسائط تشويش ، كما كانت سابقاً . ويخطط في الفترة الواقعة بين عامي 1986 و 1990 لتجهيز الطائرات القتالية بنظام اعماء الكتروني موحد للحماية الذاتية، نموذج APSJ وفي عام 1995 سوف ينتهون من تصميم منظومة اعماء الكترونية واحدة متكاملة ستركب على طائرات المستقبل التكتيكية من طراز IEWS ستستبدل العديد من نماذج المحطات ذات المنظومات الموحدة المستخدمة سابقاً والمركبة في حاويات .

يتمكن النظام IEWS من تقدير الموقف الالكتروني الراديوي اوتوماتيكياً بواسطة حاسوب الكتروني وتحديد اولويات الاعماء للوسائط الالكترونية الراديوية واختيار انواع التشويش المناسبة

ومراقبة فعالية تأثيرها . ويتم التوصل الى شمولية عمل النظام نتيجة استخدام التصاميم المتكاملة والتبديل السريع لبرامج المعامل الالكتروني القائم على توجيه عمل وسائط الاعماء الالكتروني ليتمكن من اعماء محطات رادار المستقبل مختلفة المهام ضمن مجالات ترددية تصل الى 150 قيغاهيرتز .

يقترحون تصميم وانتاج هذه الوسائط من عناصر تكاملية عالية الحساسية مع استخدام حاسبات الكترونية تقوم بعدد من العمليات يصل الى 3 مليون / ثانية وعناصر مستقلة كعقول اصطناعية .

ويعتبرون أن المنظومة سوف تستطيع التكيف مع الوضع الالكتروني الراديوي سريع التغير . ويضعون أمامهم مهمة رفع درجة أمانة المنظومة الى 5 مرة بالمقارنة مع المنظومات العاملة .

في المستقبل ، يقترحون انتاج منظومات الكترونية راديوية مؤتمتة وعديدة المهام وتوجه بواسطة حاسوب الكتروني ، مخصصة لحل المسائل الملاحية للطائرات وتقوم بمهام الاتصالات والتعارف وانذار الاطقم عن الخطر المحدق والاعماء الالكتروني وتوجيه وسائط التدمير .

ثانياً - طرق الاعماء الالكتروني في الاعمال القتالية التي تخوضها القوى الجوية .

في القوات الجوية التابعة للدول الغربية ، يعيرون اهتماماً كبيراً لانتاج طرق الاستخدام القتالي لوسائط الحرب الالكترونية الجوية في المشاريع التدريبية واثناء التجارب على الاسلحة . هنالك اكثر من 100 قاعدة منتشرة في امريكا تقوم بمهام تقليد عمل الوسائط الالكترونية المستخدمة في منظومات الدفاع الجوي وفي الطائرات المقاتلة للدول الداخلة ضمن معاهدة وارسو . وينفذ في المشاريع التدريبية اليومية للطيران التكتيكي التابع لسلاح جو دول الناتو اعمال تكتيكية هدفها التوصل لخبرة التمكن من تجاوز منظومات الدفاع الجوي باستخدام وسائط الاعماء الالكتروني . ويشارك في هذه المشاريع الاسلحة الجوية لامريكا ودول الناتو الاخرى .

ففي المشروع المنفذ عام 1986 في بريطانيا شاركت وحدات الطيران التكتيكي لثمان دولة من حلف الناتو . وتم تأمين تجاوز انظمة الدفاع الجوي بواسطة طائرات الحرب الالكترونية التابعة لسلاح الجو من نماذج EF – 111A وF – 4G ولتأمين حماية وأمن الطيران ، تم تشكيل تشويش خلال وقت محدود لم يتجاوز 10 ثانية وعلى استطاعات بث منخفضة . أما التشويش الصادر عن الاتصالات اللاسلكية الجوية ، والتي كانت تزعج الاطقم فاستبدلت بالموسيقى . وهذا كثيراً ما عقد اعمال

الطيران التكتيكي وقطع دارة التسديد والتوجيه للاسلحة وخرق انظمة التعاون والتوجيه والقيادة ومنع الاطقم من الحصول على معلومات عن الوضع المتشكل . ولأن استخدام الوسائط وطرق الحماية من التشويش لم يؤمنان العمل المستقر للوسائط الالكترونية الراديوية ، ففي العديد من الحالات لم يتمكن الطيران من تنفيذ مهامه .

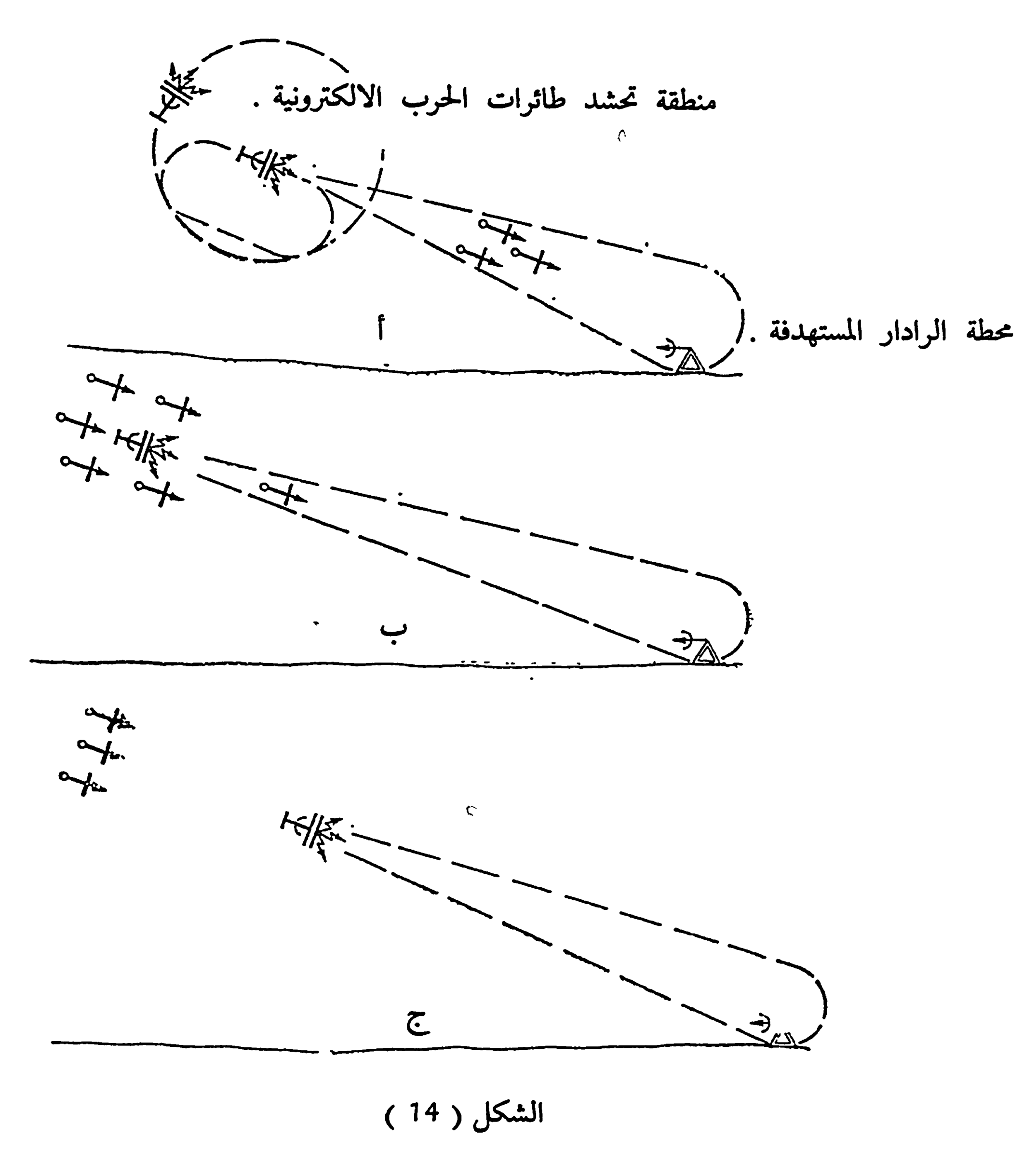
ومن خبرة المشاريع التدريبية الغربية ، تم وضع عدة مبادىء للقيام بالحرب الالكترونية بواسطة الطيران :

1 ـ اخفاء فكرة القيادة واعمال الطيران باستخدام اهداف كاذبة والتضليل الراديوي .
2 ـ التوصل الى معرفة مواصفات ومواقع الوسائط الالكترونية في الوقت المناسب .
3 ـ الاستخدام المفاجىء للوسائط الالكترونية والنشر المفاجىء لها ايضاً وتركيز جهودها لتأمين تنفيذ اكثر المهام القتالية اهمية .
4 ـ اعماء اهم مواقع منظومات الدفاع الجوي للطرف المعادي في نفس الوقت .
5 ـ مكوث الطيران في المناطق المعرضة للكشف الراداري والتدمير من انظمة الدفاع الجوي المعادية خلال الزمن الاصغري الممكن .

انطلاقاً من المبادىء المذكورة سابقاً ، تم التوصل الى ثلاث طرق لاستخدام طائرات الحرب الالكترونية القتالي : في منطقة التمركز (التجميع) وضمن تراتيب الطيران الضارب وفي مقدمة الطيران الضارب .

في الطريقة الاولى (انظر الشكل 14 أ) تقع طائرات الحرب الالكترونية خارج المنطقة التي تطالها صواريخ ومدفعية ال م / ط والطيران المطارد وذلك لحماية الطيران المقاتل ، الذي يجب ان يقع خلال زمن الطيران كاملاً في قطاع التشويش ، المشكل من قبل طائرات الحرب الالكترونية ضد منظومات الدفاع الجوي .

وعندما تكون طائرات الحرب الالكترونية ضمن التراتيب القتالية للطيران المقاتل (انظر الشكل 14 ب) ، يتم الاعماء الالكتروني من قبل طائرات الحرب الالكترونية المرافقة للطيران المقاتل الى نقاط تسديد الضربات واثناء العودة . لهذا تقوم طائرات الحرب الالكترونية بالطيران على السرعات التي تطير فيها الطائرات المراد حمايتها . وبما أنه في هذه الطريقة قد تكون طائرات الحرب الالكترونية مستهدفة من قبل وسائط الدفاع الجوي المعادية بما فيها الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الذاتية والتي تسدد الى مصادر التشويش وقد تهاجم من قبل الطيران المعادي المطارد ، فإنه لتأمين الحماية الأمينة لكامل التشكيل الجوي ، يتم توزيع طائرات الحرب الالكترونية بذلك الشكل ، الذي تقع فيه جميع



الشكل (14)

اساليب استخدام طائرات الحرب الالكترونية لحماية مجموعات الطائرات الضاربة . أ ـ من منطقة التشكل ، ب ـ من التراتيب القتالية للمجموعة الضاربة ، ج ـ من مقدمة الطيران الضارب .

الطائرات ضمن شعاع محطة الرادار المراد اعمائها الكترونياً . نتيجة لذلك تقوم الصواريخ ذآت رؤوس التوجيه الذاتي بالتوجه الى مركز الثقل ، الناتج عن مجموع مصادر التشويش . وهذا يحدث لأن رأس التوجيه الذاتي للصاروخ لا يستطيع في البداية انتخاب مرسلات التشويش المنفردة بالزاوية ، تلك المرسلات الواقعة في شعاع مخطط اشعاعه ، الذي يميز الهوائي المركب فيه . وكلما اصبح الصاروخ يقترب من المجموعة الجوية الضاربة كلما اصبح رأس توجيهه اكثر استطاعة على تمييز مصادر التشويش

المنفردة . إلا ان الصاروخ بسبب مقدراته المحدودة على المناورة لا يلحق تبديل خط سيره ويمر محادياً الهدف .

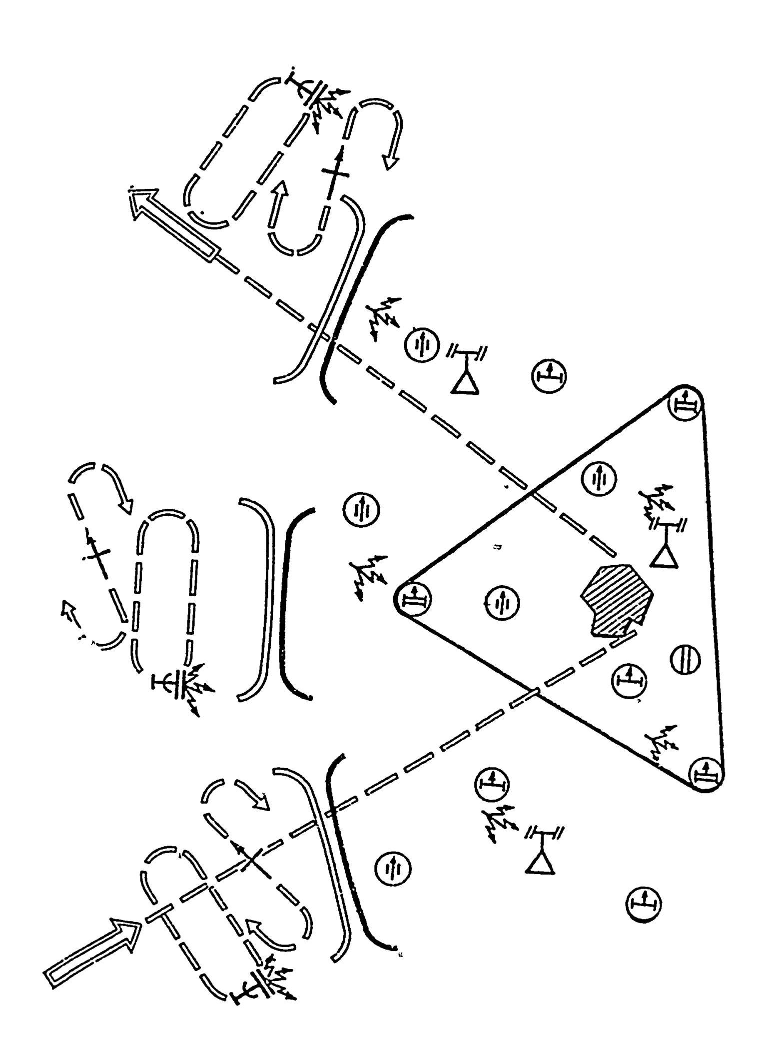
وعندما تقع طائرات الحرب الالكترونية في المجال الواقع بين المجموعة الجوية الضاربة ومحطة الرادار المراد اعمائها الكترونياً (انظر الشكل 14 ج) ، تقوم هذه الطائرات بحماية المجموعة الجوية الواقعة خلفها عن طريق اعماء محطة الرادار حتى اذا كانت ذات قدرة على تغيير ترددها قفزياً . لكن وعلى الرغم من أن هذه الطرق اكثر نجاعة من سابقاتها فإن الطائرات تبقى تحت تأثير انظمة الدفاع الجوي .

تستخدم في محطات التشويش المحمولة في الطائرات هوائيات ذات مخططات ضيقة الاشعاع وذلك لزيادة نسبة اشارة التشويش / الاشارة عند مدخل محطة الرادار المراد اعمائها ، وترسل هذه الاشعة الى الوسائط المستهدفة ما دامت الطائرات في الجو .

في جميع الحالات ، يعتبر تشكيل تشويش على الوريقات الرئيسة والقريبة من وريقات المخطط الاشعاعي لهوائي الواسطة المراد اعمائها ، يعتبر احتمالياً ، الأمر الممكن تحقيقه عندما نستخدم مرسلات تشويش تمتلك كل منها عدة وريقات في مخططات اشعاع هوائياتها وكل منها يتجه الى هدف معين . الى جانب ذلك ، تقوم طائرات الحرب الالكترونية باختيار المنطقة المراد تشكيل تشويش فيها والاكثر فاعلية والمسارات المؤدية اليها وذلك خلال كامل وقت طيران مجموعة الطائرات الضاربة .

يستخدم الطيران التكتيكي الطائرات بطيار وبدون طيار المخصصة للحرب الالكترونية بالاضافة الى وسائط الاعماء الالكتروني ومرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة المركبة والموجودة فيها وذلك بالتنسيق مع طلعات الطيران الضارب على الارتفاعات المنخفضة والمنخفضة جداً المخصصة للهجوم على الاهداف عند غروب الشمس . تعتبر هذه الطريقة اهم طريقة تكتيكية للهجمات التي تقوم فيها الطائرات المطاردة القاذفة في عمق العدو (انظر الشكل 15) . تحتل طائرات الحرب الالكترونية ، قبل توجيه الضربة الجوية ، تحتل موقعاً في الجو ، يقع خارج مجال وصول صواريخ الدفاع الجوي المعادية وتبدأ بتشكيل تشويش راديوي ايجابي بواسطة وسائطها الذاتية ومرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة . أما طائرات المجموعة الضاربة فتنفذ ، بعد مباشرة تشكيل التشويش من قبل طائرات الحرب الالكترونية ، طيراناً باتجاه الاهداف وهي تطير على ارتفاعات منخفضة ومنخفضة جداً وتكون تحت حماية التشويش الايجابي والسلبي المشكل ضد محطات الرادار المعادية ، والاخير يتحقق باستخدام اهداف كاذبة وخواص التمويه الطبيعية التي تميز منطقة الاعمال القتالية . وعند اكتشاف محطات رادار الدفاع الجوي المعادية طائرات المجموعة الضاربة ،

تقوم الاخيرة باستخدام وسائط الاعماء الالكتروني ، حسب برنامج مسبق وضع قبل الطيران وهنالك امكانية لتعديل هذا البرنامج اثناء تنفيذ المهمة . وفي نفس الوقت تقوم اطقم الطائرات المغيرة بتنفيذ المناورات المخصصة لتجنب اسلحة الدفاع الجوي والمطاردات الجوية ، وتقوم بشكل دوري باسقاط



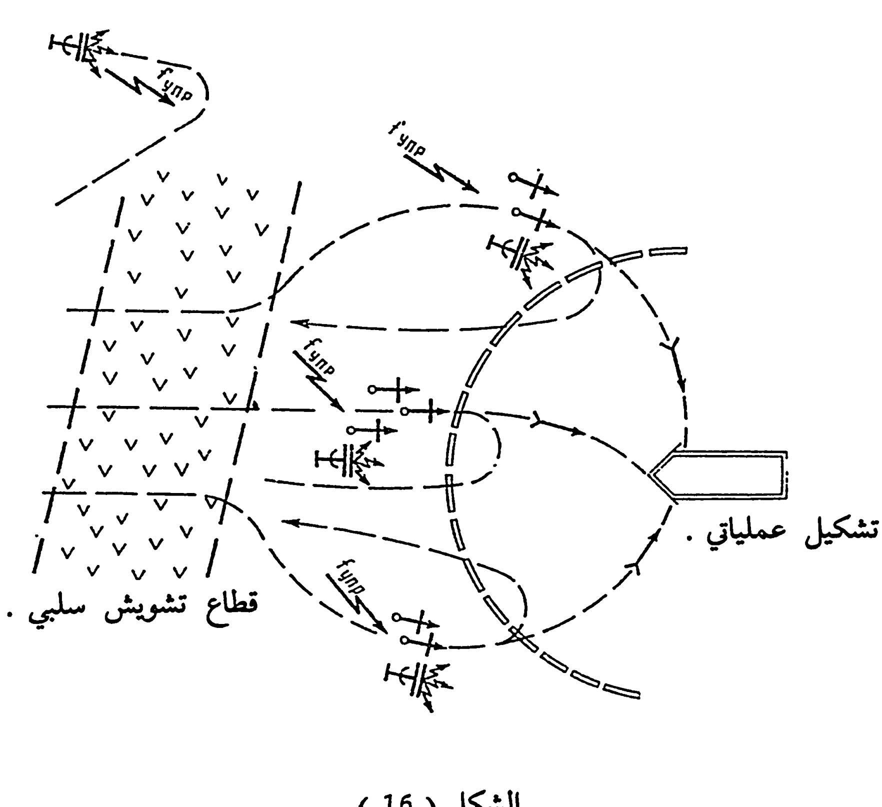
الشكل (15)

مخطط الضربة الجوية ضد موقع محمي بوسائط الاعماء الالكتروني .

حزم العواكس الديبولية الراديوية . وعند اقتراب الطائرات القاذفة من الهدف ترتفع الى الاعلى حتى ارتفاع يؤمن لها مراقبة جيدة وزيادة في دقة توجيه الضربات وتستخدم الاهداف الكاذبة والعواكس الراديوية والمصائد الحرارية للحماية من صواريخ الدفاع الجوي الموجهة والصواريخ (جو - جو) .

بعد تنفيذ الضربة الجوية ، تداوم الطائرات على استخدام وسائط الاعماء الألكتروني وهي في طريقها الى مطارات التمركز .

يوضح لنا الشكل (16) احد احتمالات توجيه ضربة جوية من قبل مجموعة طائرات تحمل اسلحة صاروخية ضد مجموعة سفن بحرية ، تحت حماية ثلاث طائرات حرب الكترونية والتشويش



الشكل (16)

استخدام وسائط الاعماء الالكتروني لحماية الطيران اثناء توجيه ضربة جوية ضد تشكيل من السفن .

السلبي . تقوم طائرة السطع والقيادة بتحديد امكنة انتشار المواقع المستهدفة وبتنظيم ضربة جوية ضدها ـ لا تقوم الطائرات الضاربة باستخدام وسائط الاعماء الالكتروني وذلك للتمويه والسرية . يتم توجيه الضربة خلال حقل العواكس الراديوية التي تقوم بتشكيل تشويش سلبي ضد محطات رادار الدفاع الجوي المعادي . تباشر طائرات الحرب الالكترونية بتشكيل تشويش ايجابي راديوي عند اقترابها

من حد قدرة محطات رادار السفن على الكشف ، ومجتمعة مع الطيران الضارب تقوم بالطيران حتى حدود امدية تدمير وسائط م / ط المعادية . تقوم الطائرات بعد توجيه الضربة باستخدام صواريخ مضادة للسفن ، بتغيير اتجاه طيرانها عائدة بأقصى سرعة ممكنة .

يجب على وسائط الحرب الالكترونية التابعة لقوات الدفاع الجوي ، اثناء الهجوم الجوي ، يجب عليها تأمين التمويه والحماية الالكترونية لانظمة السطع الراداري وتوجيه الاسلحة وقيادة القوات ، كما يجب عليها تنفيذ الاعماء الالكتروني لوسائط السطع الجوية والبرية وتوجيه الاسلحة والطائرات بطيار

وبدون طيار المشتركة في الاغارة . لهذا الغرض يستخدمون وسائط اعماء الكتروني برية وجوية . يتوقع أن يكون العمل الاكثر فعالية هو اعماء خطوط نقل المعلومات بين المنظومات الجوية « المركبة على الطائرات » ومقرات القيادة البرية ونقاط التوجيه وايضاً بين وسائط السطع الرادارية وانظمة توجيه الاسلحة المركبة على الطائرات .

وبعد الاخذ بعين الاعتبار أنه في المنظومات الحديثة للاستطلاع وتوجيه الاسلحة وقيادة القوات ، تستخدم وسائط شديدة الاختلاف تعمل على مبادىء فيزيائية مختلفة ، انتقلت القوات العسكرية الغربية الى طريقة الاعماء الشامل المشترك لوسائط السطع الرادارية ووسائط الاتصالات اللاسلكية والملاحة وتخلت عن طريقة الاعماء الانتخابي الفردي لهذه الوسائط .

الباب السابع عشر

الحرب الالكترونية في الأعمال القتالية التي تخوضها القوات البحرية .

تتضمن اهداف الحرب الالكترونية في اعمال القوى البحرية الحربية القتالية :
- اعماء انظمة قيادة السفن وتشكيلاتها .
- حماية سفن وحوامات وطائرات وقواعد القوى البحرية من كشف الوسائط الالكترونية الفنية المعادية ، وحمايتها من تدمير الاسلحة والقذائف الموجهة .
- تأمين العمل الأمين والثابت لانظمة السطح وقيادة السفن وتشكيلاتها .

ويعتبرون أن مختلف تشكيلات القوى البحرية (اساطيل ، طيران بحري ومشاة بحرية) لا تستطيع تنفيذ المهام الملقاة على عاتقها في ظروف الاعمال القتالية الحديثة دون استخدام اساليب الحرب الالكترونية ووسائطها ، تلك المهام المتعلقة بتدمير سفن العدو في البحر وفي القواعد وتوجيه ضربات ضد المواقع الساحلية وتقديم الدعم الجوي اثناء تنفيذ الانزالات البحرية والقيام بالدفاع الجوى في تشكيلات حاملات الطائرات .

اولاً : قوى ووسائط الاعماء الالكتروني في القوى البحرية .

تستخدم وسائط الاعماء الالكتروني في القوات البحرية في الدول الغربية في سفن السطح وفي الغواصات وعلى الطائرات والحوامات وفي الوحدات الساحلية وفي المشاة البحرية . إن سفن السطح مجهزة بمنظومات حرب الكترونية تتألف من وسائط السطع الالكتروني الراديوي والفني ووسائط انذار الاطقم عن الاشعاعات الواصلة الى السفن ومن نظام تحليل الوضع الراديوي الالكتروني المتشكل وتوجيه عمل وسائط الاعماء الالكتروني ومن محطات تشويش ايجابي ومن محطات لتشكيل غيوم ايروزولية واهداف كاذبة راديوية واهداف كاذبة حرارية . أما الغواصات فمجهزة بشكل رئيس بوسائط كشف محطات الآزدك واعمائها وبتجهيزات تحد من ملحوظيتها . ومن أجل الاعماء الهيدروصوتي (الآزدكي) ، تستخدم الغواصات محطات تشويش هيدروصوتي فعال (ايجابي) ووسائط تشكيل تشويش سلبي ضد محطات الآزدك واجهزة مستقلة مجهزة بمحركات تؤمن لها الحركة من نماذج MK30 و BLQ – 9 واجهزة عائمة مع التيار تؤمن الاعماء الهيدروصوتي .

تخصص وسائط الاعماء الموجودة على سفن السطح في المقام الاول للصراع ضد الصواريخ المضادة للسفن ، التي اصبحت تشكل السلاح الرئيس في المعركة البحرية . ونظراً لتحلي الصواريخ المضادة للسفن بمسار معقد وعدم ارتباط استخدامها القتالي بالظروف الميترولوجية وما تتمتع به من مساحة سطح عاكس فعال صغيرة ، فإن عملية تدميرها عن طريق الوسائط النارية أصبحت معقدة

للدرجة كبيرة . وهنالك حوالي 700 سفينة من سفن القوات البحرية لدول حلف الناتو وطائرات الطيران البحري في الولايات المتحدة وبريطانيا وفرنسا ، جميعها مزودة بمثل هذا النوع من الصواريخ .

تستخدم منظومات القذائف الصاروخية ذات سرعة الاطلاق العالية على سفن الولايات المتحدة الامريكية RBOC والمانيا (« شالمي ») وايطاليا SCLAR وبريطانيا وفرنسا (« سيبيل » ، « داغاي » ، « ماغاي » ، « ساغاي »). تتألف كل منظومة من قاعدة اطلاق مع الذخيرة من الصواريخ ونظام توجيه وقيادة . وكل قذيفة مزودة بحزم من العواكس الديبولية الراديوية أو بمواد تستطيع تشكيل اهداف كاذبة حرارية .

فعلى سبيل المثال ، تتشكل المنظومة SCLAR من قاعدتي اطلاق عيار 104 مم في كل منها 20 سبطانة ، ومن ذخيرة عددها 400 طلقة ، مدى الاطلاق ـ حتى 12 كم المفجر ـ الكتروني ، توجيه الاطلاق ـ اتوماتيكي أو يدوي . تؤمن وسائط المنظومة التشكيل السريع لغيوم العواكس الديبولية ا لراديوية حتى مدى يتراوح بين (70 و 120) م بعد زمن قدره 4 ثانية من الاطلاق .

تستخدم في نظام RBOC و الذي يتألف من قواعد اطلاق نموذج MK30 ولوحة تحكم وتوجيه ، تستخدم صواريخ غير موجهة نموذج MK171 عيار 112,3مم وعند الشعور بمداهمة خطر صاروخي ، تقوم المنظومة بتشكيل ستارات من العواكس الديبولية الراديوية للتمويه والتضليل ، حول السفينة المراد حمايتها ، كما يستخدم لهذا الغرض اهداف كاذبة لابعاد العدو عن السفينة أو اغوائه .

تستطيع السفن الكبيرة (حاملات الطائرات ، طرادات ، سفن الانزال الكبيرة) احتواء اربع قواعد اطلاق نموذج MK33 وهو نموذج معدل لمنظومة RBOC و أما السفن المتوسطة والصغيرة (فرقاطة ، مدمرة) فكل منها مزودة بقاعدتي MK36 و تستطيع كل قاعدة اطلاق أن تحتوي على عدد من السبطانات يتراوح بين (2 ـ 6) .

تستخدم بعض السفن ، للتمويه وازاحة الصواريخ المضادة للسفن ذات رؤوس التوجيه الذاتية ، قذائف مدفعية تطلق عواكس ديبولية راديوية حسب برنامج مسبق التلقيم . تستطيع حزم العواكس الديبولية الردايوية المطلقة تشكيل تشويش سلبي ضد محطات الرادار العاملة ضمن المجال الترددي من (1500 حتى 36000) ميغاهيرتز .

بدأت الدول الغربية بانتاج وسائط إعماء الكتروني جديدة ، انطلاقاً من حقيقة مفادها أن الاهداف الكاذبة تتميز بعدد من العيوب : محدودية الذخيرة التي يمكن للسفن أن تحملها وزمن

فاعليتها المحدود ، الذي لا يتجاوز عدة دقائق . أما من حيث مواصفات الانعكاس وطبيعة الحقول الفيزيائية وسرعة الحركة وطبيعة مناوراتها ، فكانت تختلف جوهرياً عن تلك ا لتي تتميز بها السفن ، الأمر الذي كان يسمح بتمييزها بواسطة الوسائط الالكترونية الفنية . إلا أنه حين استخدامها بشكل كثيف وبالجملة وبالاشتراك مع التشويش الايجابي ، تبقى الاهداف الكاذبة الواسطة الفعالة لحماية السفن من التدمير بواسطة الصواريخ . الى جانب انها تتميز برخص الثمن وببساطة التركيب والاستخدام وبالفاعلية العالية والاهم ـ بإمكانية التأثير على رؤوس التوجيه الذاتية ، عندما تستخدم كميات كبيرة من الصواريخ المضادة للسفن .

الى جانب منظومات تشكيل التشويش السلبي ، تستخدم سفن القوى البحرية منظومات تشكيل التشويش الالكتروني الايجابي . ومنذ بداية الثمانينات ، بدأت الدول الغربية بانتاج 30 نموذجاً من نماذج محطات التشويش الالكتروني الايجابي ، التي تعمل على الاشعة الراديوية والتحت حمراء والضوئية وضمن مجال الامواج الصوتية و 20 نموذجاً لوسائط تشكيل التشويش السلبي ، التي تؤثر ضمن المجال الترددي من (2 ـ 20) فيغا هيرتز .

يبلغ مقدار الكمون الطاقوي (الاستطاعة) لمرسلات التشويش السفينية : على الزوارق ـ 10^4 واط على السفن المتوسطة والكبيرة ـ حتى 10^6 واط .

يمكن لوسائط تشكيل التشويش السلبي السفينية أن تستخدم العواكس الديبولية الراديوية ، القادرة على تشكيل غيوم تبلغ مساحة سطحها العاكس الفعال قيمة تتراوح بين 250 و 400 $م^2$ في كل قذيفة (طلقة) . وعند تشكيل حزم العواكس الديبولية الراديوية لغيوم على ارتفاعات قليلة عن سطح البحر (على ارتفاعات تصل الى 100 م) فإن قدرتها العاكسة ترتفع نتيجة الانعكاس عن الماء ب 10 مرات تقريباً .

تتسلح السفن الحديثة جداً بمنظومات حرب الكترونية مؤتمتة ، الامر الذي يسمح بالحفاظ على استقلالية السطع الفنية وزيادة فعاليتها . في امريكا يستخدمون النماذج SLQ ـ 32 و SLQ ـ 17 وSLQ ـ 650 وفي ايطاليا النموذج Newton وفي المانيا النموذج FL – 1800S ..

بوشر بانتاج منظومة الاعماء الالكتروني SLQ – 32(V) في امريكا في عام 1980 ، وهي مخصصة لحماية سفن السطح من جميع الاصناف ، حمايتها من الصواريخ الموجهة (البحرية والجوية والمطلقة من الغواصات) . تؤمن هذه المنظومة : اكتشاف الاشعاعات والتسديد على محطات الرادار ، انذار الاطقم عن اطلاقات ا لصواريخ المضادة للسفن حين حدوثها ، تشكيل تشويش ايجابي وسلبي ضد محطات رادار الكشف واعطاء الدلالة عن الاهداف المركبة على السفن والطائرات وايضاً ضد رؤوس

التوجيه الذاتية الرادارية المركبة في الصواريخ المضادة للسفن ، الى جانب انها تستطيع استخدام الاهداف الكاذبة الرادارية والحرارية . يرتبط بهذه المنظومة قاعدة اطلاق من نموذج MK30 تستطيع اطلاق قذائف تحتوي على حزم من العواكس الديبولية الراديوية لتشكيل تشويش سلبي . إن هوائي الإرسال والاستقبال الطوري الشبكي مركب ومثبت على قاعدة متوازنة . يتميز هذا الهوائي بقدرته على تشكيل مخطط احداثي اشعاعي دائري ، يتألف من 140 وريقة ، عرض كل منها في المستوى

العمودي 90° . تضخم الاشارة المستقبلة عن كل وريقة في قناة خاصة . تظهر لنا شاشة الموقف التكتيكي للمنظومة الموقف الراداري الصديق والمعادي المتشكل (بما فيها الاشارات الصادرة عن رؤوس التوجيه الذاتي العائدة للصواريخ المغيرة) وعن محطات رادار حاملات الصواريخ . وعلى اساس مقارنة الاشارات الواردة مع الاشارات المحفوظة في ذاكرة المنظومة يتم التمييز والتعارف على وبين الوسائط الالكترونية الفنية .

تتألف تجهيزات التحكم بالمنظومة من حاسوب الكتروني رقمي ولوحة بيان للمعلومات وتوجيه مرسلات التشويش . وتقوم هذه التجهيزات بتصنيف محطات الرادار المكتشفة وحاملاتها وتحدد درجات خطورتها ونوع التشويش ، كما أنها تصدر أوامر الى وسائط التشويش . ترتبط تجهيزات التحكم بالمنظومة مع منظومة المعلومات والقيادة الحربية الموجودة في السفينة . تتمتع هذه المنظومة بامكانية العمل على نظامين اتوماتيكي ونصف اتوماتيكي (وذلك باشارة تصدر عن الحاسوب الرقمي) حينما يراد استخدام وسائط الاعماء الالكتروني لاعماء عدة اهداف دفعة واحدة . تستطيع وسائط المنظومة تشكيل تشويش ضجيجي مستمر وتشويش نبضي وتشويش مركب . وحين العمل على نظام التشويش النبضي الجوابي المزيح بزاوية المكان ، يتم تضخيم الاشارة المستقبلة من محطة الرادار المعادية ويعاد بثها عن طريق هوائي الارسال بعد تأخير زمني . يسمح توفر العدد الكبير للاقنية التي تشكل التشويش الجوابي اعماء 80 محطة رادار في نفس الوقت ، بحيث تعطي لكل محطة رادار نوع التشويش الذي يؤثر عليها . ويمكن التحكم بالمستوى العام لاستطاعة التشويش ضمن المجال من عدة كيلو واطات حتى 1 ميغا واط . الزمن اللازم للمنظومة لاصدار رد فعلها يتراوح بين (1 ـ 2) ثانية . للمنظومة ثلاثة نماذج ـ 3 ـ 2 ـ 1 ـ V تركب على مختلف اصناف السفن .

يركب النموذج (1 ـ V) على السفن الصغيرة . حيث يؤمن كشف محطات الرادار والتسديد عليها وتصنيفها وانذار الاطقم عن وصول اشعاعات رؤوس التوجيه الذاتية للصواريخ المضادة للسفن واصدار الاوامر لتشكيل تشويش سلبي من القاعدة MK36 ويركب النموذج 2 ـ V على السفن المتوسطة ، حيث يقوم بالاضافة الى تنفيذ المهام السابقة الذكر ، بتأمين كشف محطات الرادار المركبة

على الطائرات والتسديد عليها وكذلك محطات الرادار المتوضعة على السفن التي تحمل الصواريخ المضادة للسفن . أما النموذج « 3 ـ V » فيركب على السفن الكبيرة ويسمح بكشف محطات الرادار البحرية والجوية والتسديد عليها وتشكيل تشويش ايجابي ضد هذه المحطات وضد رؤوس التوجيه الذاتي الرادارية المركبة في الصواريخ المضادة للسفن .

في عام 1985 ، تم تسليح أكثر من 100 سفينة (المدمرات « 963 ـ DD سبروونس » والفرقاطات « اوليفر X بيري » والطرادات « فيرجينيا » ، « كاليفورنيا » وسفن الانزال وبعض نماذج السفن المساعدة) ، تم تسليحها بمختلف هذه النماذج .

أما حاملات الطائرات الامريكية فمسلحة بالمنظومة « SLQ ـ 17 » التي تتألف من مرسل التشويش SLQ – 17A ومحطة السطع الراداري نموذج 8 ـ WLR وحاسوب الكتروني رقمي . يتم فيها استقبال اشعاعات محطات الرادار ورؤوس التوجيه الذاتية المركبة في الصواريخ المضادة للسفن ، ويتم تمييز انواع هذه الاشارات بواسطة تجهيزات منطقية اتوماتيكية ، تقوم ايضاً بفصل اشارات الوسائط الالكترونية الفنية الصديقة لتجنب اعمائها بالتشويش ، الذي ستصدره المنظومة . يقلد التشويش القوي الصادر عن المنظومة علامات السفن الكبيرة الواردة عبر الوريقة الرئيسة والوريقات الجانبية لمخطط الهوائي الاشعاعي ورؤوس التوجيه الذاتية للصواريخ . يؤمن تركيب مجموعتين من الهوائيات ، كل واحدة على جانب من الحاملة ، يؤمن اصدار التشويش في مختلف الاتجاهات .

في فرنسا ، تم انتاج منظومة حرب الكترونية مؤتمتة بحرية نموذج « نيفسي » ، مرتبطة بمركز المعلومات والقيادة الموجود على السفينة . تتشكل هذه المنظومة من محطة سطع راديوي نموذج 4000 ـ P ومحطة تشويش ايجابي « جانيت » ولوحتي تحكم وقيادة « داغاي » و « ساغاي » ومعالج للمسرح الالكتروني الفني المتشكل . يؤمن الحاسوب الالكتروني الرقمي ، في نفس الوقت ، تحليل الاشارات الواردة من عدة اهداف ، وانتاج القرار واصدار الاوامر لتشكيل تشويش من مختلف الانواع وتقدير درجات خطورة الاهداف .

في الولايات المتحدة الامريكية ، سُلحت المدمرات نموذج « سبروونس » والطرادات الصاروخية نموذج « فيرجينيا » بمنظومات حرب الكترونية تتألف من وسائط سطع راديوي ووسائط تشويش ضد محطات الرادار ومن مرسلات تشويش صغيرة الحجم ، تُطلق من مدافع السفينة لاعماء محطات الرادار ومحطات التشويش اللاسلكي العاملة على الامواج القصيرة جداً ومن تجهيزات تشكيل الاهداف الكاذبة والـ...

في عام 1984 ، قامت شركة بريطانية فرنسية مشتركة بانتاج منظومة الحرب الالكترونية «

سيبيل » مخصصة للحماية الفردية لسفن السطح . تتألف هذه المنظومة من قاعدة اطلاق صواريخ مزودة بوسائط اصدار تشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة ونظام قيادة وتحكم . تستطيع قاعدة اطلاق هذه المنظومة (انظر الشكل 17) اطلاق صواريخ عيارها 170 مم حتى مدى يصل الى 8,5 كم وذلك من على السفن الصغيرة ، وصواريخ من عيار 263 مم من على الاصناف الرئيسة للسفن . وهذه الصواريخ التي تستخدمها هذه المنظومة لها 8 نماذج من التذخير بوسائط الاعماء الالكتروني ذات الاستخدام لمرة واحدة .

الاحتمال الاول ـ مرسل صغير ، مقلد محطة رادار بحرية لازاحة الصواريخ المضادة للرادارات (يشغل بعد طفو العوامة التي تحمله) . يتألف المقلد من مرسل وهوائي تيلوسكوبي ومنبع تغذية .

الاحتمال الثاني ـ مرسل تشويش مستقل يوجه عن بعد .

الاحتمال الثالث ـ هدف كاذب مختلط يستمر تأثيره زمناً قليلاً ، يتشكل من قبل العواكس الديبولية الراديوية والمصائد الحرارية المقذوفة (اشعة تحت الحمراء) .

الاحتمال الرابع ـ هدف كاذب مختلط راداري وحراري يستمر تأثيره الزمني طويلاً ، يعمل بعد أن يستقر على سطح الماء .

الاحتمال الخامس ـ هدف كاذب ضد الصواريخ الموجهة ذات رؤوس التوجيه الحرارية وهو على شكل كرة منفوخة معبأة بغاز ساخن (يستمر زمن فاعليته من 30 ـ 40 دقيقة) ويوجد داخل هذه الكرة هدف كاذب حراري .

الاحتمال السادس ـ صاروخ يحمل ذخائر خاصة ، مذخرة بمواد تستطيع تشكيل دخان وضباب وذلك لتغطية السفينة المراد حمايتها عن تأثير وسائط الرؤية البصرية ضمن مجال الامواج البصرية والامواج اللايزرية النصف فعالة (1,06 و 10,6) ميكرومتر وتحت الحمراء (حتى 14 ميكرومتر) العائدة لرؤوس التوجيه الذاتية .

يتشكل نظام التحكم والقيادة في هذه المنظومة من حاسوب الكتروني رقمي ووسائط عرض المعلومات عن الحالة التذخيرية لقاعدة الاطلاق . يؤمن هذا النظام التوازن والاعداد لاطلاق الصواريخ واطلاقها ويحدد درجة الخطر ويختار الانواع المناسبة للتشويش الصادر . وعلى اساس المعلومات المستخلصة عن الاحداثيات الآنية للسفينة واتجاه وسرعة الريح ، يقوم هذا النظام بحساب الشروط المناسبة لاستخدام وسائط الاعماء الالكتروني وزاوية ميلان قاعدة الاطلاق وتوقيت اطلاق الصواريخ وايضاً المناورة اللازمة للسفينة لتخرج من منطقة التدمير .

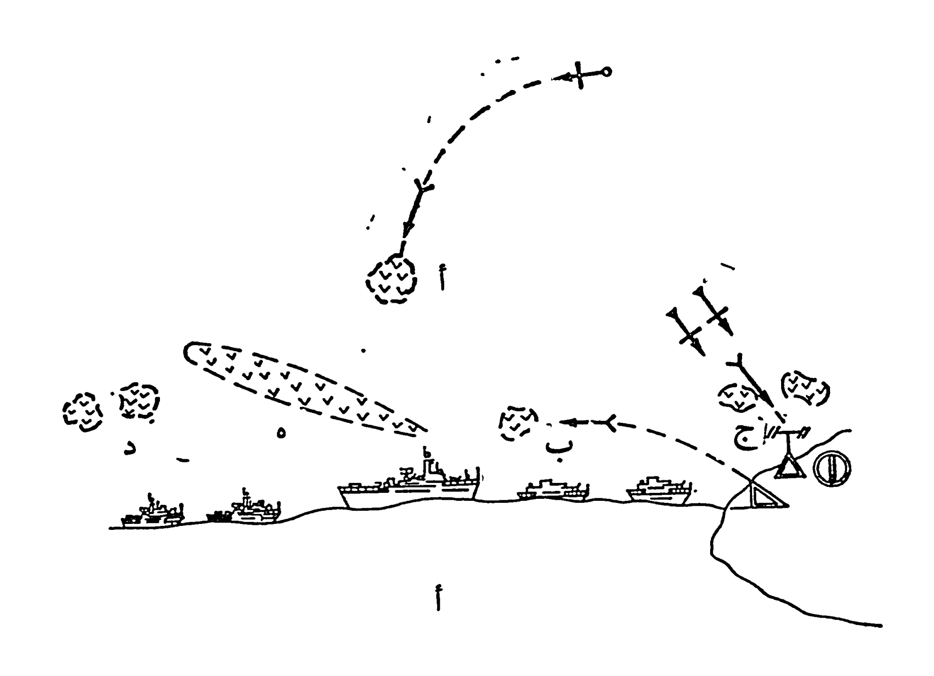
تعتبر المنظومة « سيبيل » من اكثر المنظومات فاعلية من وسائط الاعماء الالكتروني المستخدمة على السفن .

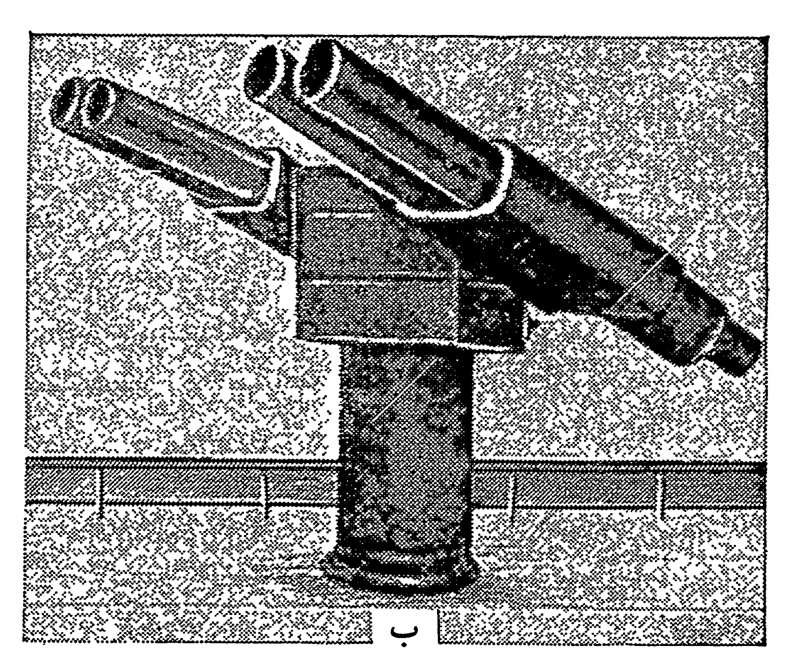
في نهاية السبعينات ، انتج في بريطانيا منظومة حرب الكترونية نموذج « سيفين » ، مخصصة لحماية السفن الضخمة بما فيها حاملات الطائرات . تتألف من قواعد اطلاق صاروخية ونظام قيادة يتضمن حاسوب الكتروني رقمي . ويمكن لهذه المنظومة أن تؤمن تشكيل تشويش ضد الصواريخ المضادة للسفن ضمن ثلاثة احتمالات .

الاحتمال الاول ـ مخصص لتخفيض احتمال التقاط السفينة المراد حمايتها رادارياً ورؤوس التوجيه الذاتية للصواريخ ، وذلك باطلاق عدد من الاهداف الكاذبة يتراوح بين (5 ـ 7) على شكل غيوم من العواكس الديبولية الراديوية ، حتى مسافة 400 م عن السفينة الحاملة . والوقت اللازم لتشكيل غيمة ذات سطح عاكس فعال تزيد مساحته عن 1000 م^2 لا يتجاوز 5 ثانية ، أما زمن استمرار تأثيرها فيصل الى 6 دقائق ، وهو وقت كاف للسفينة لكي تبتعد عن منطقة التدمير من قبل الصواريخ الموجهة .

الاحتمال الثاني ـ ينحصر في التشكيل المتوازي لغيمتين من غيوم العواكس الديبولية الراديوية حتى مسافة 100 م ، بذلك الشكل الذي تقع فيه السفينة وأحد الاهداف الكاذبة داخل قطاع مدى رأس التوجيه الذاتي للصاروخ المعادي . وبعد أن يبدأ رأس التوجيه الذاتي المراقبة المنفصلة (التمييز للهدف الكاذب وللسفينة ، سوف تُلاحق الغيمة ، التي تتميز بمساحة سطح عاكس فعال اكبر . أما العواكس المقذوفة باتجاه مسار الصاروخ المتصاعد ونتيجة الغيمة التي يبلغ طولها حوالي 120 م ، سوف تصبح على شكل مثلث (مقطع مثلث) . أما مساحة سطحه العاكس الفعال فستصل خلال (2,5 و 10) ثانية 2500 و 4100 م^2 حسب التسلسل . وزمن التشويش حوالي 3 دقائق .

الاحتمال الثالث ـ ينحصر في التشكيل المركب للتشويش السلبي والتشويش الايجابي . فالسفينة التي تقع ضمن شوكة المسافة لرأس التوجيه الذاتي الراداري ، تقوم باطلاق صواريخ مذخرة بحزم من العواكس الديبولية الراديوية وتشغل محطة التشويش الايجابي على نظام ما يسمى بحرف رأس التوجيه الذاتي باتجاه الهدف الكاذب (بتغيير تردد تتابع الاشارات النبضية) . بعد ذلك تقوم باطفاء محطة التشويش الايجابي ، وتختفي السفينة من حقل رؤية رأس التوجيه الذاتي . هنالك امكانية لتضخيم اشارة محطة الرادار المنعكسة حتى 10 ديسيبيل وذلك بسبب الانعكاسات العديدة ، التي تتعرض لها طاقة الموجة الراديوية عن الغيمة وسطح البحر ، عند العمل على هذا النظام . أما الاهداف الكاذبة الحرارية في هذه المنظومة ، فيتم اطلاقها بواسطة صاروخ متعدد الشحنات ، حيث كل اطلاق يحمل





الشكل (17)

مخطط تشكيل تشويش سلبي لحماية مجموعة من سفن السطح من الصواريخ المضادة للسفن (أ) وقاعدة اطلاق نموذج (سيبيل) لقذف صواريخ تحتوي على عواكس راديوية (ب) .

سبعة منها ، تتوزع بعد اطلاقها لتشكل هيكل صاروخ (مقلد) ، حسب مخطط مسبق التلقيم . أما حزم العواكس الديبولية الراديوية فتطلق من الصواريخ بفعل تيار هوائي دون استخدم حشوة قاذفة . تنتج بعض انواع حزم العواكس الديبولية الراديوية بحيث يكون مركز ثقلها عند احد النهايات ، الامر الذي يجعلها تدور أثناء الانخفاض بزاوية 45 عن المحور العمودي . ونتيجة لهذا الدوران تنخفض سرعة تساقط العواكس الديبولية الراديوية وبهذا يزيد زمن مكوث الاهداف الكاذبة المشكلة في الفضاء ليصل حتى 6 دقيقة .

نورد هنا بعض مواصفات نوعين من الصواريخ المستخدمة في هذة المنظومة :

المواصفة	النوع الاول	النوع الثاني
العيار ، مم	102	105
الطول ، مم	158	97,5
الوزن ، كغ	22	17
وزن العواكس الديبولية	17,3	4,1
السطح العاكس الفعال		
للهدف الكاذب ، م2	1200	2500

عند اطلاق الصواريخ برشقات ، تتشكل اهداف كاذبة رادارية مزيحة ومضللة على مسافة تصل الى 2 كم . إلى جانب ذلك ، تستطيع الصواريخ رمي اهداف كاذبة حرارية عائمة ، يتعلق عددها بحجم السفينة التي تطلق هذه الصواريخ .

في المدة الاخيرة ، بدأوا يركبون وسائط الاعماء الالكتروني على الزوارق الصاروخية . فعلى سبيل المثال ، ركب على الزورق الصاروخي الامريكي نموذج « بيقاس » منظومة التشويش الالكتروني السلبي MK34 شافروك . أما منظومات تشكيل التشويش السلبي عن طريق اطلاق حزم من

العواكس الديبولية الراديوية والمنتجة خصيصاً للزوارق الصاروخية فهي في بريطانيا « بروتيان » وفي فرنسا (« ساغاي ») وفي سويسرا (. بوفوروس) . كما توجد على الزوارق الصاروخية محطات انذار الاطقم عن وجود اشعاعات رادارية وهي في الولايات المتحدة من نموذج SLR ـ 21 وفي بريطانيا « سيوزي » و « كاتلس » ، وايضاً محطات تشويش ايجابي نموذج RCM – 1B بريطانيا 111/ 511 /31 ـ ELT ايطاليا . يتم التحكم بعمل المنظومات المذكورة سابقاً بواسطة انظمة مؤتمتة ، تتألف من حاسوب الكتروني رقمي وجهاز عرض المسرح الراداري ولوحة تحكم .

إن غواصات اساطيل الدول الغربية مجهزة بوسائط كشف اشعاعات الوسائط الالكترونية الراديوية وبوسائط اعماء هيدروصوتي . تؤمن وسائط الاعماء الهيدروصوتي اعماء محطات السطع الآزدكية ومحطات توجيه الإسلحة المضادة للغواصات وايضاً تقليد المواصفات الهيدروصوتية والديناميكية للغواصات المتحركة .

وجسب البرنامج الامريكي SAWS أُنتجت منظومة مخصصة لكشف الوسائط الهيدروصوتية واعمائها مخصصة للغواصات . يدخل في تركيب هذه المنظومة : محطة سطع محطات الآزدك نموذج WLR – 9A اهداف هيدروصوتية كاذبة مقطورة أو يمكن قذفها وهي ذاتية الحركة (اهداف كاذبة ـ مصائد) ، مقلدات للغواصات من نموذج SLQ ـ 25 تتألف من مولدات حقل ضجيجي واشعاعات هيدروصوتية . بعد كشف محطة الآزدك العاملة ، عن طريق التقاط اشعاعاتها ، يحدد المعالج عدد العناصر التي ستقوم بالحماية (الاهداف الكاذبة ـ المصائد) وانظمة عملها وشكل المناورة التي يجب على الغواصة تنفيذها لتجنب الطوربيدات الموجهة وبعدها يقوم المعالج اتوماتيكياً بتوجيه وسائط الاعماء الهيدروصوتي .

نورد هنا بعض المواصفات الرئيسة لبعض مقلدات الغواصات :

المواصفة	BLQ – 9	MK – 30
الطول ، م	3,25	3,0
القطر ، م	25	35
الوزن ، كغ	155,6	227,0
السرعة ، عقدة	8	حتى 26
زمن العمل ، ساعة	2	0,5 عندما

		تكون السرعة 15 عقدة . 5 ـ عندما تكون السرعة 9 عقدة
عمق الغوص ، م	15 ـ 120	300
المجال الترددي ، كيلو هيرتز	0,1 ـ 10	0,1 ـ10

يعيرون في اساطيل الولايات المتحدة البحرية اهتماماً كبيراً لعملية تخفيض الحقول الفيزيائية لسفن السطح والغواصات . يعتبر الحقل الهيدروصوتي هو الحقل الرئيس الذي يمكنه أن يفضح الغواصة ، لذا تجري هنالك اعمال نشطة لمحاولة الحد من استطاعته ، ويحولون تغيير « الصورة الضجيجية » للغواصة لكي تصبح شبيهة للحقل الضجيجي لمياه المحيطات .

يدخل في عداد تسليح القوات البحرية لدول حلف الناتو ، اسطول جوي (طائرات محمولة أو في القواعد) وطيران المشاة البحرية ، وهذا الاسطول يمتلك طائرات حرب الكترونية وطائرات سطع الكتروني ، كما تم تزويد الطائرات المقاتلة منها بوسائط اعماء الكتروني للحماية الفردية والجماعية . فعلى سبيل المثال ، يدخل في عداد طائرات القوى البحرية في الولايات المتحدة الامريكية طائرات حرب الكترونية وطائرات سطع الكتروني نموذج EA – 6B برويلر و EA – 3B سكاي رير و EP – 3E اوريون .

فالطائرة EA – 6B انظر الشكل 10 ب ، التي دخلت التسليح عام 1972 ، مخصصة لعمليات الحماية الجماعية وتأمين اعمال الطائرات المحمولة على السفن . وهنالك 6 حاويات ، معلقة على النخس السطحية وتحت جسم الطائرة تحتوي على : محطة التشويش الضجيجي ضد محطات الرادار SLQ – 99E ومحطة التشويش النبضي الجوابي ALQ ـ 126 وتجهيزات قذف العواكس الراديوية ALE ـ 39 ومحطة تشويش ايجابي ضد الاتصالات اللاسلكية العاملة على الامواج القصيرة جداً ALQ ـ 92 ومحطة سطع الكتروني فني ALR ـ 62 ومستقبل السطع الراديوي ALR – 42 وحاسوب الكتروني رقمي نموذج AYQ ـ 6 ونظام اظهار وتسجيل معلومات السطع الالكتروني الراديوي وتقوم ايضاً بالتحكم بعمل وسائط الاعماء الالكتروني . الى جانب ذلك ، إن هذه الطائرة مزودة بمحطة رادار نموذج APQ ـ 129 مخصصة لكشف الاهداف الجوية . تمتلك كل حاملة طائرات

من (3 ـ 4) طائرة من هذا النموذج ، أما القوات البحرية الامريكية فتمتلك 80 طائرة ، موزعة على احد عشر سرباً جوياً للحرب الالكترونية .

الى جانب ذلك ، يمتلك سلاح جو الاساطيل البحرية والطيران الموجود في القواعد وطيران سلاح المشاة البحرية على اسراب جوية مخصصة للحرب الالكترونية . فعلى سبيل المثال ، يمتلك الاسطول البحري الاطلسي واسطول المحيط الهادي ، التابعين لقوات الولايات المتحدة المسلحة ، كل منهما على اربعة اسراب جوية مخصصة للسطع الالكتروني الراديوي وللحرب الالكترونية (في كل سرب اربع طائرات من النموذج EA – 6B واربعة اخرى من النموذج EA – 3B . وهنالك اربعة اسراب سطع الكتروني راديوي وحرب الكترونية في كل منها 18 طائرة نموذج EA – 6B و 18 اخرى

من نموذج EA – 3B و 18 اخرى من نموذج EP – 3E) تدخل في تسليح القوات الجوية التابعة للاساطيل البحرية المتمركزة في القواعد الجوية روتا ، كيوست (مقاطعة فلوريدا) ، افانيا بوينت موغو (تبعد 40 كم عن لوس انجلوس) . وكل ثلاثة اجنحة من اجنحة سلاح الجو التابع للمشاة البحرية تمتلك سرباً واحداً للحرب الالكترونية في كل منها 15 طائرة نموذج EA – 6B . وهنالك ثلاثة اسراب جوية للحرب الالكترونية من الطائرات EA – 6B موضوعة في قوات احتياط القوى البحرية الامريكية ، وتعمل في الاحوال الاعتيادية في اعمال الصيانات والمحافظة على الجاهزية واعداد الاطقم الطائرة للاعمال القتالية .

يدخل في تسليح القوى البحرية الالمانية سرب حرب الكترونية جوي ، يضم خمس طائرات « اتلانتيك » وفصيلة حرب الكترونية جوية للمشاة البحرية (10 طائرات) .

تستخدم طائرات وحوامات المشاة البحرية وطائرات الانذار المبكر (الكشف البعيد المدى) والقيادة ، تستخدم وسائط حرب الكترونية ، تستطيع كشف الوسائط الالكترونية العاملة من على امدية بعيدة والسفن ايضاً والطيران المعادي ، وتقوم بانذار اطقم السفن عن الصواريخ المطلقة باتجاهها وتشكيل تشويش ضد الوسائط الالكترونية الراديوية التي تقوم بتوجيه الصواريخ المضادة للسفن .

اثناء الاعداد والتدريب القتالي ، تعير قيادات الاساطيل الجوية اهتماماً كبيراً لعملية تدريب الاطقم العاملة لإجادة العمل على الوسائط الالكترونية الراديوية في ظروف الحرب الالكترونية ، التي تخوضها الاطراف المتصارعة . وبهدف خلق مسرح الكتروني راديوي معقد ، قريب من الحقيقي ، ادخلوا في عام 1983 في عداد القوات المشتركة لحلف الناتو مجموعة حرب الكترونية مَرْكزها في خليج بحر المانش في بريطانيا . يخدم في مجموعة الحرب الالكترونية هذه عسكريون من الولايات المتحدة

الامريكية والمانيا وبريطانيا وفرنسا وايطاليا وهولندا . يدخل في تسليح هذه المجموعة تجهيزات تقليد لاشعاعات محطات الرادار ووسائط الاتصالات اللاسلكية ورؤوس التوجيه الذاتية لصواريخ الدفاع الجوي ، وهذه التجهيزات موزعة على اسطح السفن والمواعين وهنالك حاويات جوية تحتوي على محطات تشكيل تشويش الكتروني ايجابي وتجهيزات قادرة على قذف حزم العواكس الديبولية الراديوية . الى جانب ذلك ، يدخل في تسليح هذه المجموعة احدى عشر طائرة مجهزة بمقلدات اشعاعات مختلف انواع الوسائط الالكترونية الردايوية .

وهنالك معلومات تفيد ، ان القوات البحرية الحربية الامريكية تحتل المكان الاول بين صنوف القوات المسلحة الاخرى بمستوى التسلح بوسائط الحرب الالكترونية . ويصرف على وسائط الحرب الالكترونية حوالي ٪ 10 من المصاريف التي تكلفها السفن . وخصصت الولايات المتحدة الامريكية 13 مليار دولار ، تصرف على تصميم وشراء وسائط حرب الكترونية مخصصة لقوى الولايات المتحدة الامريكية البحرية ، هذا في عام 1989 .

ثانياً ـ طرق الاعماء الالكتروني اثناء خوض الاعمال القتالية البحرية .

استخدمت قوات الدول الرأسمالية البحرية أثناء اعمالها القتالية في الحرب العالمية الثانية وفي الحروب الاقليمية وايضاً اثناء قيامها بالمناورات التدريبية ، استخدمت مختلف انواع طرق الاعماء الالكتروني وذلك حسب طبيعة اعمال السفن السطحية والغواصات والطيران البحري للقوات المتصارعة .

تقوم سفن السطح بتنفيذ اعمال الاعماء الالكتروني ؛ عادة على التسلسل التالي : تقوم في مرحلة التحضير للمعركة (العملية) بالسطع الدقيق والمتأني عن الوسائط الالكترونية الراديوية الجوية والبحرية ، وحسب المعلومات المستحصلة يتم تحديد طبيعة الاعمال التي تستطيع ان تنفذها السفن المعادية وينفذها الطيران المعادي وازمنة (تواقيت) اطلاق الصواريخ المضادة للسفن المعادية . بعد اكتشاف الصواريخ المضادة للسفن ، المتوجهة الى السفن الصديقة ، تقوم السفينة باطلاق صواريخ اعماء الكتروني تحتوي على حزم من العواكس الديبولية الراديوية واهداف كاذبة حرارية وفي نفس الوقت تصدر تشويشاً الكترونياً ايجابياً وذلك جميعه بهدف التأثير على رؤوس التوجيه الذاتية للصواريخ

المعادية وبالتالي ازاحة الصاروخ عن مساره . تؤمن غيوم حزم العواكس الديبولية الراديوية الحماية الفردية والجماعية للسفن والغواصات . تشكل غيوم العواكس الديبولية الراديوية اهدافاً متحركة كاذبة بالنسبة لرؤوس التوجيه الذاتي الصاروخية ومحطات الرادار البحرية والجوية (الشكل 17 أ) ونستطيع استخدامها لاغراء الصواريخ الجوية (أ) والبحرية (ب) لتتوجه اليها ، وتغطية الطائرات ، التي تقوم بتوجيه ضربات جوية ضد اهداف ساحلية (ج) وضد مجموعات السفن (د و ه) . يتم تشكيل غيوم حزم العواكس الديبولية الراديوية (أ ، د) بواسطة القذائف أو الصواريخ ، أما الحزمة المتطاولة (ه) فعن طريق غازات نافثات الدخان . يتم اختيار مناطق تشكيل الغيوم بعد ان تأخذ اتجاه وسرعة الريح وخطوط سير السفن بعين الاعتبار .

تقترب السفن من العدو ، تحت حماية التشويش ، وتستخدم اسلحتها العضوية . وخلال عملية صد هجمات الطيران ، يتم تشكيل تشويش سلبي وايجابي ضد الوسائط الالكترونية الراديوية الجوية ومنظومات توجيه اسلحة الطائرات العضوية .

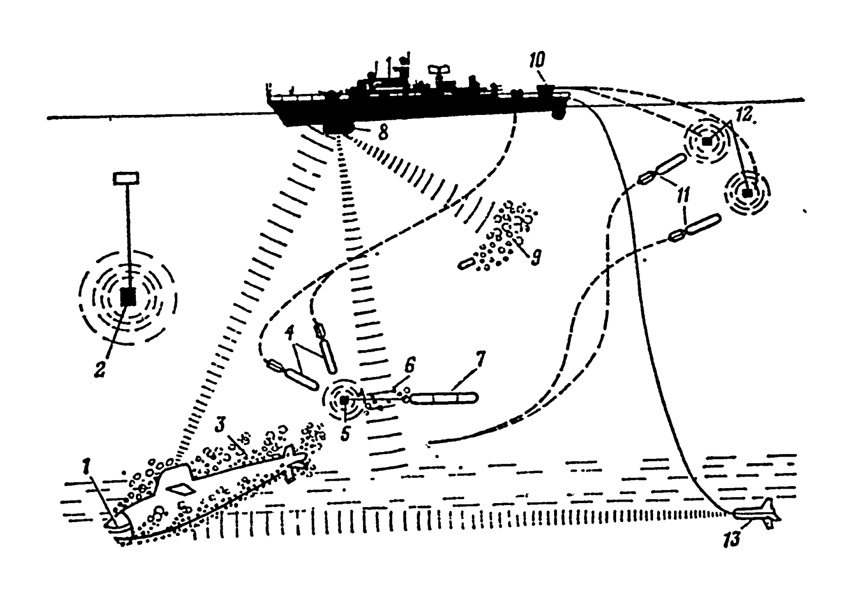
تتخذ في مجرى التحضير للمعركة الحربية وخلال خوضها تدابير التمويه ضد الاستطلاع الالكتروني الفني والحماية من الاعماء الالكتروني للوسائط الرادارية البحرية ووسائط الاتصالات اللاسلكية والملاحية الراديوية ووسائط توجيه وقيادة الاسلحة .

أما الغواصات فبهدف التمويه عن الكشف من قبل محطات الآزدك المعادية ، تستخدم مختلف انواع الوسائط وتتخذ اجراءات مختلفة وايضاً تستخدم المواصفات الهيدروصوتية لمياه البحار (انظر الشكل 18) .

لا تتمكن محطة الآزدك 8 أن ترى (تكتشف) الغواصة التي تخترق الى طبقة من الماء ذات كثافة تختلف عن السابقة التي كانت فيها ، إلا أنه يمكن اكتشافها بواسطة محطة الآزدك المقطورة 13 .

وللحيلولة دون اكتشافها ، تقوم الغواصة ، بواسطة طلقات محشوة بمواد تستطيع تشكيل غازات ، تقوم بتشكيل هدف كاذب على شكل كتلة متراكمة من فقاعات غازية 9 ، تستطيع عكس طاقة الامواج الهيدرصوتية المرسلة من محطة الآزدك . الى جانب ذلك ، تستطيع الغواصة استخدام مجموعات الفقاعات الغازية 3 ، وايضاً المقلدات الايجابية ذاتية الحركة السابحة في الوسط المائي .

تكون المقلدات السابحة في الوسط المائي 2 ، معلقة عادة باجسام طافية ، تتحرك حسب حركة التيار المائي ، وتقوم بتقليد الغواصات ببثها ضجيج مسجل مسبقاً على آلات تسجيل موجودة في داخلها . تستخدم المقلدات السابحة في الوسط المئي 12 ، المطلقة من قواعد اطلاق مركبة على السفن 10 ، تستخدم لاغراء الطوربيدات 11 ذات رؤوس التوجيه الذاتية السلبية للتوجه اليها . أما



الشكل (18)

اساليب الاعماء الالكتروني المستخدمة في القوات البحرية الحربية

عمال محطات الآزدك الايجابية فيقعون في ضلال بواسطة المحطات الهيدروصوتية المخصصة للتشويش 1 أو بواسطة المقلدات المتحركة 7 للغواصات . تتمكن هذه المقلدات من اغواء الطوربيدات المضادة للغواصات 4 وتجعلها تتوجه اليها . يبث المقلد ضجيج الغواصة عن طريق شريط آلة التسجيل مركب فيها مسبقاً ، ويضخم هذا الضجيج وما يصله من الامواج الحقيقية الضجيجية التي تصل اليه من الغواصة الحقيقية . ويتشكل ما يسمى بأثر تيارات المؤخرة من قبل الفقاعات المشبعة جداً بجزيئات الهواء 6 خلف المقلد . يتم تقليد الامواج الصوتية المنعكسة عن الغواصة في المقلد بواسطة تجهيزات معيدة ارسال خاصة . يتم تحريض الحقل المغناطيسي بواسطة تيار كهربائي يسير في كابل طوله (25 ـ 30) م ، يقوم بقطر المقلد . يوجد في نهاية الكابل الهوائي 5 ، الذي يقوم باصدار ضجيج يقلد ضجيج الغواصة . يمكن للمقلد أن يناور حسب برنامج مسبق التركيب ، يأخذ بعين الاعتبار تغيير الاتجاه والسرعة .

كما تستخدم القوى البحرية اساليب الاعماء الالكتروني المستخدمة في سلاح الطيران . يعيرون اهتماماً كبيراً للحرب الالكترونية اثناء خوض مجموعات الطيران المتعددة المهام اعمالها القتالية . تعتبر قيادة القوى البحرية في الولايات المتحدة الامريكية وغيرها من دول حلف الناتو ، تعتبر أنه يمكن القيام بحرب الكترونية فعالة في اعمال الاساطيل البحرية القتالية لا باستخدام

منظومات حرب الكترونية معينة أو مستقلة ، بل فقط بالاستخدام الواسع والمتعاون والمخطط لجميع وسائط السطع الالكتروني الراديوي والاعماء الالكتروني ، تقوده قيادة واحدة تتبع لمقر القيادة الرئيس لمجموعات الطيران المتعدد المهام .

اثناء مجرى الاعمال القتالية لمجموعة الطيران المتعدد المهام ، يُقام بالحرب الالكترونية على التسلسل التالي : عند اقتراب قوى اسطول العدو الى مسافة حوالي 1000 كم من مركز التشكيل أو سفينة القيادة ، تبدأ عملية سطع الوسائط الالكترونية الفنية واتجاهات الاتصالات اللاسلكية المعادية وايضاً تشكيل تشويش الكتروني والقيام بالتضليل الراديوي (بث معلومات كاذبة) وذلك لادخال الفوضى في اعمال انظمة سطعه ومنظومات اتصالاته اللاسلكية وللتعقيد من عملية توزيعه المسبق لحاملات اسلحته الى اهدافها . عند ذلك تستخدم طائرات الحرب الالكترونية نموذج EA – 6B براولر للانذار المبكر وطائرات التوجيه والقيادة E – 2C هوكاي والطائرات البحرية المغيرة والمخصصة للدوريات والحوامات وسفن السطح .

عند دنو العدو الى مسافات تتراوح بين (1000 الى 100) كم (ضمن مدى منطقة الامدية المجدية للطيران المغير والمقاتل الداخل ضمن مجموعات الطائرات المتعددة المهام) ، يعيرون الاهتمام الرئيس لعملية كشف وتمييز وسائط السطع الالكتروني الفني واعطاء الدلالة عن الاهداف وتوجيه منظومات اسلحة اسطول العدو الموجودة على حاملاتها واعمائها . كما يتم اطلاق اهداف كاذبة لتسترعي اهتمام الصواريخ المضادة للسفن واعمال الطيران المعادي القتالية . ويقوم بهذه المهمة سفن السطح كما حدث في المرحلة الاولى ، التي تدخل ضمن قيادة مجموعات الطائرات المتعددة المهام ،

التي بدورها تقوم باطلاق اهداف حرارية كاذبة تعمل على الاشعة تحت الحمراء واهداف كاذبة رادارية على مسافات من (10 ـ 12) كم من السفن المراد حمايتها وذلك بعد دقيقتين من اصدار أوامر استخدام وسائط الحرب الالكترونية . يتراوح زمن تأثير الاهداف الكاذبة بين 90 و 120 ثانية بعد كل تشكل لها . وفي نفس الوقت ، تقوم وسائط الاعماء الالكتروني البحرية بتشكيل تشويش ايجابي نبضي جوابي ضد محطات الرادار . الى جانب ذلك ، قد يتم استخدام مرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة ، المركبة على طائرات دون طيار .

في المرحلتين الاولى والثانية للاعمال القتالية يجري الحد ما امكن من اصدار اشعاعات من الوسائط الالكترونية الراديوية البحرية والمركبة في طائرات مجموعات الطيران متعدد المهام . وضمن المدى الذي يتراوح بين (100 ـ 20) كم ، وعندما تبدأ الاطراف المتصارعة استخدام الصواريخ المضادة للسفن ووسائط الحرب الالكترونية الموجودة على سفن ملحقة بمجموعات الطائرات المتعددة

المهام ، تنفذ ، الى جانب المهام المذكورة سابقاً ، عمليات اعماء محطات الرادار الجوية ورؤوس التوجيه الذاتية للصواريخ المضادة للسفن المعادية . يمكن استخدام وسائط الحرب الالكترونية بالاشتراك مع الاسلحة المضادة للسفن ووسائط الدفاع الجوي لصالح حماية مجموعات الطيران متعددد المهام وكذلك للحماية الفردية والجماعية لمجموعات السفن .

تطلق الاهداف الكاذبة لاستقبال الصواريخ المضادة للسفن المعادية . يتم تحديد نظام عمل ونقاط تشكل الاهداف الكاذبة بشكل اتوماتيكي بواسطة مقرات جمع المعلومات والقيادة والتوجيه الموجودة على السفن وذلك حسب معطيات السطع الالكتروني الفني . وإذا لم تتمكن الاهداف الكاذبة من ازاحة الصواريخ عن السفن ، تقوم الاخيرة بتشكيل ستائر حاجبة مشكلة من غيوم من العواكس الديبولية الراديوية على مسافة حوالي 400 م وتبلغ مساحة السطح العاكس الفعال لهذه الغيوم حتى 1000 م^2 . وخلال زمن فاعلية هذه الستائر (حوالي 6 دقيقة) ، تستطيع السفينة الخروج من منطقة تدمير صواريخ العدو .

وعلى مسافة حتى 20 كم ، أي على المدى الذي تُشَّغل فيه رؤوس التوجيه الذاتية للصواريخ المضادة للسفن المعادية وتتوجه الى الهدف ، تُستخدم الاهداف الكاذبة ووسائط الاعماء الالكتروني الموجودة على السفن بالاشتراك مع وسائط الدفاع الجوي والمدفعية البحرية للدفاع والحماية الذاتيين من تدمير الصواريخ المضادة للسفن وذلك لجرفها باتجاه الهدف الكاذب ذا السطح العاكس الفعال الذي تزيد مساحته عن مساحة السطح العاكس الفعال للسفينة المراد الدفاع عنها . وفي نفس الوقت وبهدف اعاقة استخدام العدو للصواريخ المضادة للسفن ، تقوم السفن بالمناورات المناسبة وتشغل انظمة التبريد للحد من مستوى الاشعاعات الحرارية . وتستخدم السفن محطات مشكلة للايروزول ضد الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الذاتي اللايزرية والتلفزيونية أو تطلق دخان في مختلف الاتجاهات من صواريخ معدة لذلك . ويمكن ازاحة الصواريخ ذات رؤوس التوجيه اللايزرية عن السفن بواسطة عواكس ضوئية تُرمى من السفن تشع اشعاعات لايزرية .

الباب الثامن عشر

الحرب الالكترونية أثناء تجنب الدفاعات الصاروخية.

اولاً ـ الوصف العام لانظمة ووسائط الدفاعات الصاروخية .

ادى ظهور الصواريخ ، مختلفة المهام والامدية في العديد من الدول ، لبروز ضرورة تنظيم ما يسمى بالدفاع ضد الصواريخ .

ففي عام 1975 ، نشرت على اراضي الولايات المتحدة ، في منطقة القاعدة الصاروخية « غراند ـ فوركس » (ولاية داكوت) ، نشرت منظومة الدفاع ضد الصواريخ « سيفغارد » ، مخصصة لحماية قواعد اطلاق الصواريخ العابرة للقارات « مينيتمان » .

تتكون هذه المنظومة من سلسلتين . تخصص السلسلة الاولى لكشف وتدمير القسم الرأسي للصواريخ على امدية كبيرة ، خارج مجال الشرائح المتماسكة للاوتمو سفير . أما السلسلة الثانية فلتدميرها ضمن مناطق تواجد المنظومة على ارتفاعات لا تقل عن 16 كم . يدخل في عداد السلسلة الاولى للمنظومة محطة رادار كشف الاهداف واعطاء الدلالة عنها PAR وصواريخ مضادة للصواريخ نموذج « سبارتان » ذات مدى اطلاق يصل حتى 640 كم مزودة برؤوس نووية . ويدخل في عداد السلسلة الثانية ـ المحطة MSR وصواريخ مضادة للصواريخ نموذج « سبرينت » قصيرة المدى ذات رؤوس نووية مدى اطلاقها يصل حتى 40 كم .

إن المحطة النبضية ـ الدوبلرية PARمخصصة لالتقاط الرؤوس الحربية للصواريخ العابرة للقارات وملاحقتها ، وهي لا تزال خارج المجال الاوتمسفيري ، وتوجيه الصواريخ « سبارتان » المضادة للصواريخ اليها ، كما تقوم المحطة السابقة الذكر بتأمين الدلالة عن الاهداف للمحطة MSR تعمل المحطة PARعلى تردد مقداره حوالي 3000 ميغاهيرتز ، ومدى كشفها الاعظمي للاهداف ذات مساحة السطح العاكس الفعال 1 م^2 تقريباً هو 3300 كم . أما المحطة MSR التي تعمل ضمن المجال الجوي فتؤمن البحث عن الرؤوس الحربية للصواريخ العابرة للقارات ضمن المجال الجوي وتلاحقها ومدى عملها يصل الى 550 كم . وتعمل ضمن المجال الترددي (3000 ـ 3500) ميغاهيرتز ، واستطاعتها النبضية 2,5 ميغاواط . وبعد كشف الاهداف وتحديد احداثياتها ، تقوم اجهزة الحساب في المحطة بتحديد مسار حركاتها وتوجيه الصواريخ « سبرينت » المضادة للصواريخ باتجاهها . وعندما يقترب الصاروخ المضاد للصواريخ من هدفه حتى مسافة محددة ، يصدر اليه أمر بتفجير رأسه الحربي .

وكما تؤكد الادبيات العسكرية الغربية ، فإن المنظومة المضادة للسلاح الصاروخي البرية لا تؤمن التمييز الامين لرؤوس الحرب بين اعداد كبيرة من الاهداف الكاذبة وذلك عند تأثير وسائط الاعماء الالكتروني . لهذا يمكن ان تستخدم في هذه المنظومات انظمة (بصرية - ضوئية) لكشف رؤوس الحرب . بين عامي 1979 و 1982 ، تم في المنطقة العسكرية كفادجيلين (على جزر مارشال) اجراء تجارب لاستخدام مرسلات اشعة تحت حمراء برية لكشف وتمييز رؤوس الصواريخ الحربية وملاحقتها بين العديد من الاهداف الكاذبة . واستخدمت الصواريخ « مينتمان » في هذه التجارب . ويفترضون أن لهذه المرسلات السابقة الذكر القدرة على اطلاق صواريخ لملاقاة الصواريخ العابرة للقارات والتصدي لها . ويعتبرون انها تستطيع كشف طيران الصواريخ العابرة للقارات وارسال اشارات لاسلكية على الاقنية اللاسلكية الى مقر القيادة البري الذي يقوم بقيادة منظومات الدفاع ضد السلاح الصاروخي . وبعد تلقي هذه الاشارات يطلقون صواريخ ذات رؤوس توجيه ذاتية للتصدي للصواريخ العابرة للقارات وتدميرها على منتصف لمسارها الطيراني .

ونظراً للفاعلية المنخفضة التي تمتلكها المنظومة « سيفغارد » ، تم الاستغناء عن عمل قواعد اطلاقها الصاروخية في نهاية السبعينات ، أما محطتا الرادار PAR و MSR فحولتا لتصبحا في عداد نظام الانذار المبكر عن الصواريخ العابرة للقارات ومراقبة الفضاء الخارجي .

في عام 1982 بوشر ، في الولايات المتحدة ، بانتاج نظام الدفاع ضد الصواريخ « استارس » ، وأُلحق للعمل مع منظومة صواريخ الدفاع الجوي الحديثة « هوك » و « باتريوت » . وخصص هذا النظام للصراع ضد الطائرات والصواريخ المجنحة والبالاستيكية على مسارح الاعمال القتالية في اوروبا . تكتشف صواريخ العدو من قبل محطات رادار الكشف ، الداخلة في عداد تسليح منظومة صواريخ الدفاع الجوي . ولزيادة مدى كشف الصواريخ ، يقترحون انتاج نظام راداري وحراري للسطع ، يركب على جسم طائر (طائرة) . كما تم انتاج محطة رادار برية لكشف الصواريخ وملاحقتها ، تسمح خلال زمن مقبول (واقعي) الحصول على معلومات عن الاهداف الجوية وعن طيران الصواريخ العملياتية - التكتيكية وعرضها على الشاشات والتعامل معها .

يخططون لهذا النظام لكي يستخدم ، الى جانب صواريخ الدفاع الجوي ، البالاستيكية من نموذج « بيرشنغ » و T-16 و T-22 والصواريخ المجنحة لتوجيه ضربات ضد مواقع اطلاق الصواريخ العملياتية - التكتيكية للاطراف المتصارعة . ويمكن التحكم بمسارات طيران الصواريخ بواسطة محطات رادار السطع المدفعي من نوع TPS-37 .

في عام 1985 ، ظهر للوجود في الولايات المتحدة ما سمي بتصاميم منظومة للدفاع ضد

الصواريخ متعددة الانساق ، والتي اعلن عنها في عام 1983 تحت تسمية SDI Strategic Defence Initative وحسب البرنامج الموضوع لانتاج هذه المنظومة ، روعي أن تكون على شكل نظام متعدد الاقفال للدفاع ضد السلاح الصاروخي وذات عناصر قابلة للتمركز في الفضاء ، مخصصة لالتقاط وتدمير رؤوس حرب الصواريخ العابرة للقارات والصواريخ البالاستيكية المنطلقة من الغواصات والصواريخ البالاستيكية المتوسطة المدى وايضاً لتدمير الصواريخ ذاتها في الجزء الاول من مسارها الطيراني ، وهذا ما يسمى (بمبادرة الدفاع الاستراتيجي) . وحسب المعلومات المستقاة من الصحافة روعي أن تستخدم هذه المنظومة مختلف انواع الاسلحة البرية والجوية وذات التمركز الفضائي .

وحسب فكرة المصممين ، تتألف هذه المنظومة من سبعة انساق (مستويات) ، مخصصة لكشف الصواريخ العابرة للقارات وتدميرها في مختلف مراحل طيرانها : المرحلة الأولى (في لحظة الاطلاق و ما بعدها) ، وفي مرحلتي الطيران المتوسطة والاخيرة . ففي المرحلة الاولى (زمن الطيران من 2 الى 5 دقيقة) يتشكل مستوى عالٍ من الاشعاعات على الامواج التحت حمراء ، وفي مرحلة ما بعد الاطلاق يجري انفصال رؤوس الحرب المتعددة واطلاق وسائط تمكنها من اختراق الدفاعات

المضادة للصواريخ . وفي المرحلة السلبية المتوسطة تطير رؤوس الحرب والوسائط المساعدة ، لاختراق الدفاعات المضادة للصواريخ ، خارج المجال الجوي للارض . وفي النهاية ، في الجزء الاخير من الطيران تدخل رؤوس حرب الصواريخ ووسائط اختراق الدفاعات الجوية الصاروخية المجال الجوي للارض (على ارتفاع حوالي 100 كم) ، حيث تبدأ حركتها بالتخامد . وحسب الحسابات الموضوعة ، يستطيع كل نسق (مستوى) من انساق المنظومة تدمير من 70 الى ٪ 90 من الاهداف .

يمتلك كل نسق (مستوى) انظمة تسليح خاصة به للمراقبة والتوجيه ، الامر الذي يعقد ويصعب من تنظيم التأثير المعاكس ضدها .

يخططون في سبيل أن يمتلك نظام المراقبة وسائط رادارية وعاملة على الاشعة تحت الحمراء أو لايزرية ، تركب في قواعد فضائية ، صواريخ أو طائرات ، تستطيع كشف الصواريخ العابرة للقارات وملاحقتها والتعارف معها وذلك حسب اشارة نظام الانذار المبكر . ويعتبرون أن مجموع وسائط المراقبة يجب أن تؤمن امكانية البحث عن عدد من الاهداف يتراوح بين 2 الى 3 آلاف خلال فترة زمنية لا تتجاوز ال 300 ثانية ، وملاحقتها .

وينحون لاستخدام حواسب الكترونية رقمية ذات سرعات عالية جداً للعمل واقنية ارسال لاسلكية لارسال المعلومات ووسائط الكترونية فنية لتوجيه الاسلحة الى اهدافها .

وتضم الاسلحة الموجهة بالطاقة مرسلات لايزرية عالية الاستطاعة ، تعمل ضمن مجال

الامواج البصرية وتحت الحمراء (سلاح لايزري) ، ومسرعات للجزيئات المشحونة والخامدة (اسلحة الحزم) ومولدات اشعاع كهرطيسية ، موزعة على اقمار صناعية تطير على مدارات يصل ارتفاعها حتى 2500 كم عن سطح الارض . وهنالك احتمال لتمركز مرسلات لايزرية عالية الاستطاعة على سطح الكرة الارضية ، توجه الى الاهداف بواسطة مرايا ضخمة ، مركبة على مركبات فضائية . وبمقتضى حساباتهم ، تحتاج عملية خرق نظام عمل التجهيزات الالكترونية الفنية الموجودة في الصواريخ العابرة للقارات لطاقة تصل حتى 1,0 جول / غرام ومن اجل تدمير الصواريخ نحتاج الى طاقة تصل الى 10 جول / غرام .

وينتمي للاسلحة العادية الداخلة في عداد تركيب هذه المنظومة الصواريخ والمدافع الكهرطيسية ذات التمركز الفضائي والصواريخ البرية المضادة للصواريخ .

وحسب تقدير الاخصائيين ، يجب على وسائط النسقين الاول والثاني تدمير الصواريخ العابرة للقارات بعد انطلاقها بزمن يتراوح بين 2 و 5 دقيقة ، أي قبل انشطار رؤوسها الحربية ، حيث يكون من الاسهل اكتشافها وتدميرها . تطير هذه الصواريخ في هذا الجزء من المسار بواسطة محركات السير ، التي نستطيع اكتشافها من خلال اشعاعاتها الحرارية (تحت الحمراء) وبواسطة اجهزة تكبير بصرية ـ ضوئية مركبة على الاقمار الصناعية .

وفي حالة تدمير (اصابة) الصاروخ على هذا الجزء من المسار ، سوف تخرج عدة رؤوس حرب نووية من الجاهزية . أما المسار اللاحق وخلال (350 ـ 450) ثانية بعد انشطار الرؤوس الحربية والمباشرة باسقاط اهداف كاذبة ، فإن عملية مراقبتها (كشفها) والتقاطها تتعقد . ويخططون لنشر النسقين الاول والثاني ، بشكل كامل أو جزئياً ، (في حالة تركيب مرآة في الفضاء ، تعكس الاشعة اللايزرية والتي توجه من قاعدة ارضية) على مدار ارضي فوق اراضي العدو . وكوسائط تدمير ، تدخل في عداد النسق الاول ، يخططون لاستخدام اسلحة اشعة مدارية (لايزرية وحزمية) واسلحة عادية على شكل صواريخ صغيرة الحجم ذات توجيه ذاتي ومدافع كهرطيسية . ومن المحتمل ان يتم استخدام اكثر من مئة قمر اصطناعي يزن كل واحد 20 طناً في المدار القريب من الارض على ارتفاع 550 كم ، تحتوي على محطات كشف لايزرية وعدد من الصواريخ ذاتية التوجيه يتراوح بين (40 ـ 45) ، وزن كل منها 150 كغ وتحتوي على مرسل يعمل على الاشعة تحت الحمراء . يتم تأمين كشف الصواريخ العابرة للقارات ومراقبتها بواسطة تجهيزات تعمل على الامواج الحرارية القصيرة (2,7 ميكرومتر) والمتوسطة (4,3 ميكرومتر) ومحطات رادار تحتوي على وسائط بصرية ـ ضوئية تعمل على الاشعة فوق البنفسجية . ومن بين محطات الرادار ، يجدون الاكثر موائمة تلك المحطات

التي تعمل على الترددات 5,2 و 10,9 أو 60 قيغاهيرتز ، ذات التمركز الجوي والفضائي . يتم تأمين التوجيه الدقيق الى الهدف لاسلحة النسق الاول الاشعاعية عن طريق اللايزرات، التي تعمل في مجال الاشعة المرئية .

يتوقعون أن تتمكن وسائط النسقين الثالث والرابع من كشف رؤوس حرب الصواريخ وتدميرها خلال الجزء المتوسط من مسار طيرانها . وهنا تتضاعف اعداد الاهداف ، حيث يصبح من الصعوبة بمكان كشفها وتمييزها من بين الاهداف الكاذبة ، ناهيك عن تدميرها خلال وقت طويل للطيران (20 ـ 25 دقيقة) . والاهتمام الاكبر سيعار الى انتخاب رؤوس الحرب بواسطة الوسائط اللايزرية ذات التمركز الفضائي وايضاً بواسطة الوسائط الرادارية والبصرية ، لهذا يقترحون استخدام نظام مداري يتشكل من 25 (أو 100) قمر صناعي وزن كل منها 20 طن . وفي هذا الجزء من المسار من الممكن تدمير رؤوس الحرب بواسطة اسلحة شعاعية ذات تمركز فضائي . الى جانب ذلك ، تصبح رؤوس حرب الصواريخ اهدافاً للاسلحة الموجهة بالطاقة ذات التمركز الارضي ، الداخلة في عداد النسق الخامس .

أما النسقان السادس والسابع فيتألفان من صواريخ سريعة متمركزة على الارض ، ومخصصة لالتقاط رؤوس الحرب المغيرة وتدميرها في الجزء الاخير من مساراتها (الارتفاع حوالي 1000 كم لوسائط النسق الثالث) وقبل دخولها طبقات المجال الجوي المتماسكة (الاوتموسفير) (الارتفاع حتى 45 كم لوسائط النسق السابع) ، حيث تسهل عملية تمييزها نظراً لانخفاض سرعاتها وذبول واحتراق الاهداف الكاذبة الخفيفة .

أما رؤوس الحرب ذات الاجسام الصلدة ، فيمكن تدميرها بواسطة الاسلحة الشعاعية أو الصواريخ صغيرة الاحجام ذات الوزن 150 كغ (وزن رأسها الحربي 5 كغ) ، التي تطلق من اقمار صناعية خلال (1,0 ـ 1) ثانية . ويمكن لقمر صناعي واحد وزنه 20 طن أن يحمل 50 صاروخاً تتميز بمواصفة انحراف دائري محتمل يتراوح بين (1 و 2) م . تقوم الاجهزة العاملة على الاشعة تحت الحمراء ومحطات الرادار البرية والوسائط اللايزرية المركبة على الطائرات ، تقوم بمهمة مراقبة رؤوس الحرب وتوجيه وسائط التدمير ضدها وذلك حينما تكون في الجزء الاخير من مساراتها . سوف تمتلك الاقمار الصناعية الداخلة في تسليح هذه المنظومة وسائط دفاع ذاتي لحماية نفسها من احتمال تدميرها من قبل وسائط التدمير المركبة على اقمار الطرف المعادي الصناعية .

وحسب تصريحات الصحافة ، تكون مهمة تصميم وانتاج تجهيزات تمييز رؤوس الحرب وانتخابها من بين الاهداف الكاذبة ، هي من اكثر المهام صعوبة وتعقيداً . وبمقتضى المتطلبات

المفروضة على المنظومة لحل هذه المهمة ، من الضروري امتلاك تجهيزات برمجة لا تبدي أية خطيئة عند معالجتها لمعلومات يصل حجمها الى 10 مليون سطر ، بينما التجهيزات العاملة اليوم تمرر ثلاثة اخطاء اثناء معالجتها لمعلومات يصل حجمها الى 1000 سطر .

يقترحون استخدام الاسلحة اللايزرية والكهرطيسية في المنظومة لتدمير الاهداف الجوية والبرية بما فيها الطائرات والحوامات ومستودعات النفط والغاز ومصانع تكرير البترول والمؤسسات الصناعية وايضاً الوسائط الالكترونية الفنية التي تقوم بتوجيه انظمة التسليح . ويخططون لتوحيد منظومة الدفاع ضد الصواريخ الضخمة هذه مع منظومات الدفاع الجوي في الولايات المتحدة الامريكية .

ومنذ بداية الثمانينات ، باشرت مختلف المؤسسات والمعاهد العلمية الامريكية بوضع التصاميم لمختلف العناصر التي تدخل في تركيب برنامج الدفاع الاستراتيجي . وفي الوقت الحاضر تجري تجارب لاختبار امكانية التقاط رؤوس حرب الصواريخ العابرة للقارات (مينيتمان) وذلك بواسطة الصواريخ المضادة للصواريخ ، كما يجري اختبار قدرات المدافع الكهرطيسية كسلاح مضاد . وتدرس آلية تأثير

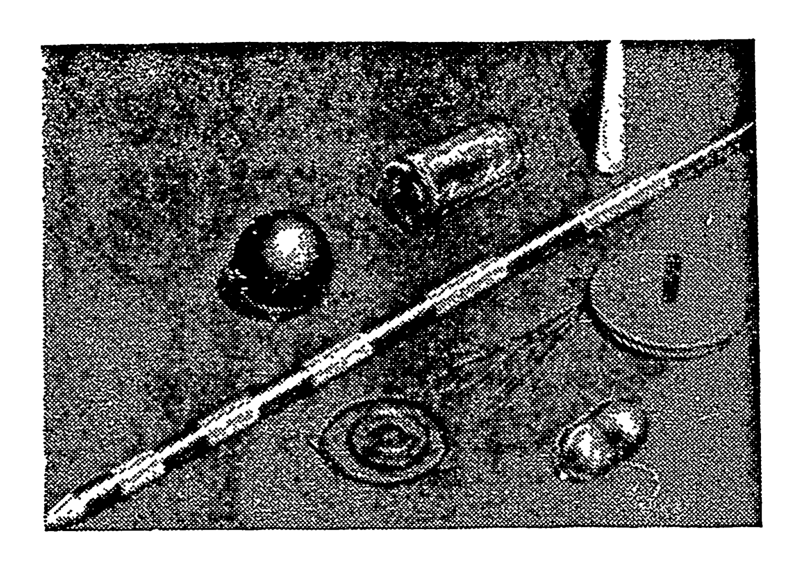
الطاقة الاشعاعية على مختلف انواع المواد المصنعة منها الصواريخ وعلى الوسائط الالكترونية الفنية . ويقع ضمن مهام برنامج مبادرة الدفاع الاستريتيجي SDI التصدي لحل خمس مهام فنية ـ عسكرية لتصميم وانتاج : وسائط الكشف والالتقاط والملاحقة للاهداف ، الاسلحة الشعاعية (اللايزرية والحزمية) ، والاسلحة التي ستعتمد على استخدام الطاقة ، ونظريات تقدير مقدرة الاسلحة ووسائط التوجيه وطرق تنظيم عمليات التأمين الفني والمادي .

وحتى الآن ، وحسب تصريحات الصحافة ، لم تعط الاسلحة الشعاعية مؤشراً عن مقدرتها لتلبية المتطلبات الواقعة على عاتقها . فعلى سبيل المثال ، إن استطاعة السلاح اللايزرية لم تزد الى الآن عن 2 ميغاواط ، بينما يتطلب منه استطاعة تتراوح بين (10 ـ 60) ميغاواط ، كما أن استطاعة الاسلحة الحزمية لا تزال أقل من ذلك بكثير .

ثانياً ـ وسائط وطرق الاعماء الالكتروني للدفاعات المضادة للصواريخ .

يرى الاخصائيون العسكريون الغربيون أنه لكي يتم تجنب منظومات الدفاع ضد الصواريخ ، يجب ادخال خلل وضياع في عمل انظمتها باستخدام اهداف كاذبة حرارية ورادارية وتشكيل تشويش ايجابي على التوازي مع العمل لتخفيض مساحات السطوح العاكسة الفعالة لرؤوس حرب الصواريخ :

يتم تشكيل غيمة الاهداف الكاذبة في الفضاء عند رمي آخر مرحلة (قسم) من الصاروخ ، أي بعد انفصال رؤوس الحرب عن الجسم . تتميز الاهداف الكاذبة الخاصة ، التي على شكل عواكس راديوية زاوية ديبولية والشباك المعدنية وايضاً مقلدات الاشعة تحت الحمراء بفاعلية تأثير كبيرة . كالعواكس الراديوية الديبولية المصنوعة من الرقائق المعدنة والالياف الزجاجية أو من الاسلاك التي طولها يساوي طول نصف موجة محطة رادار ، حيث تتأخر الاهداف الكاذبة ، الخفيفة بعد الدخول الى طبقات الجو المتماسكة على ارتفاع حوالي 100 كم ، تتأخر عن رؤوس حرب الصواريخ وتحترق . وهذا العيب تتجاوزه الاهداف الكاذبة الثقيلة التي تمتلك غطاء حماية لجسمها على شكل حزام معدني أو كريات أو خواتم ، (انظر الشكل 19) . وهذه الاهداف الكاذبة ، حينما تتميز بوزن يصل الى عشرات الكيلوغرامات وعامل بالاستيكي قريب من ذلك (حاصل ضرب الوزن بمساحة المقطع العرضي) ، فإنها كرؤوس الحرب ، بعد انفصالها تتابع طيرانها بالقرب من الأخيرة حتى ارتفاع يصل الى 20 كم فوق سطح الارض . وكلما كان الاختلاف بين اوزان الاهداف الكاذبة واوزان رؤوس الحرب قليلاً ، كلما كان الارتفاع ، الذي يمكن تمييزها عن بعض اقل . فعلى سبيل



الشكل (19)

اهداف كاذبة رادارية لتجنب الدفاعات المضادة للصواريخ .

المثال ، إذا كانت نسبة وزنها تصل الى 20 ، فإنه يبدأ بتمييز الهدف الكاذب عن رأس الحرب على ارتفاعات عن سطح الارض تتراوح بين (80 ـ 60) كم .

ينتج في الغرب اهداف كاذبة منفوخة ، مغطاة بصفائح بلاستيكية مفلورة وممعدنة أو بأسلاك ، قادرة على تقليد مواصفات العكس الراداري لرؤوس الحرب في الفضاء . وكل صاروخ عابر للقارات ، يستطيع حمل عدد من العواكس الراديوية المنفوخة ، تأخذ في الفضاء بعد اطلاقها شكل رأس حرب صاروخي .

يضعون الاهداف الكاذبة في القسم الرأسي للصاروخ وفي قسم المرحلة الأخيرة منه . وإذا كانت الاهداف الكاذبة متموضعة في قسم المرحلة الاخيرة ، فإنه بعد رميها وانفصال رؤوس الحرب عن جسم الصاروخ ، يمكن ان يتم تفجير قسم المرحلة الاخيرة لتشكيل اهداف كاذبة اضافية اخرى . وفي بعض الصواريخ العابرة للقارات ، لا يتم تفكيك قسم مرحلتها الاخيرة ، لهذا ولكي لا تعيق عمل رؤوس الحرب ، يصنعونها من صفائح زجاجية ذات سطح عاكس فعال مساحته صغيرة . ويعتبرون الافضل والانسب أن يتم فصل الاهداف الكاذبة عن الصواريخ في نهاية المرحلة الفعالة لمسارات الصواريخ العابرة للقارات (في نهاية المرحلة الاخيرة) .

إن الاهداف الكاذبة الرادارية تدخل في تسليح الصواريخ الامريكية العابرة للقارات « منيتمان » ، « تيتان » ، « بولاريس » ، MX ميدجيتمن وصواريخ الغواصات البالاستيكية « ترايدنت D ـ 5 » واثناء الاختبارات ، التي طبقت على الصاروخ العابر للقارات « تيتان » ، وبعد انفصال (انتهاء) مراحل الطيران ، تم اسقاط ستة اهداف كاذبة منفوخة . أما الصاروخ « بولارايس » فإلى جانب احتوائه على اهداف كاذبة ، يوجد في تسليحه محطات تشويش راديوي ايجابي نموذج PX ـ 1 مصممة على ماغنترونات و PX ـ 2 مصممة على صمامات الباراترون ، ورؤوس حربه مطلية بمادة تمتص الاشعاعات الكهرطيسية .

يتم اختيار مواصفات رؤوس حرب الصواريخ ، انطلاقاً من هدف الحصول على افضل المواصفات الرادارية والايروديناميكية ، وايضاً التوصل الى أن يكون عكسها للاشعاعات الرادارية والحرارية (تحت الحمراء وفوق البنفسجية) اصغرياً . كما يتم الحد من خاصية انعكاس الاشعة الرادارية (الكهرطيسية) عنها عن طريق تصميم رؤوس حرب ذات اشكال مناسبة لهذا الغرض وطلائها ايضاً بمواد قابلة لامتصاص الاشعاعات الكهرطيسية وتبديدها .

تصبح مساحات السطوح العاكسة الفعالة اصغرية عند تلك رؤوس الحرب ، التي لا تمتلك تعرجات على سطوحها ولا نتوءات والتي تتميز بشكل ايروديناميكي جيد . ولتخفيض مساحة السطح

العاكس الفعال ، يختارون شكلاً لرؤوس الحرب ، بحيث يكون مركز الثقالة واقعاً أمام مركز الضغط ، وبحيث انها حينما تدخل طبقات المجال الجوي للارض المتماسكة ، تتوجه بشكل مخروطي باتجاه محطة الرادار . ونتيجة لذلك ، نتوصل للحد كثيراً من المدى ، الذي يمكن عليه كشف رؤوس الحرب .

تقوم المواد التي تمتص الاشعة الكهرطيسية ، الموجودة على اقسام رؤوس الحرب بإمتصاص الجزء الاكبر من الاستطاعة التي تحملها الامواج الكهرطيسية ، وبذلك يُحد من مدى استطاعتها على الكشف . يغلفون رؤوس الحرب ، التي تتميز بسرعات طيران عالية بمواد تمتص الاشعة الكهرطيسية ، قادرة على تحمل ضغوطات ايروديناميكية عالية وحرارات مرتفعة ، التي تحصل اثناء الحركة في طبقات المجال الجوي الارضي المتماسكة . وبتحكمنا بمواصفات الحقل الكهرطيسي المنتشر (المنعكس) نستطيع الحد كثيراً من مساحة السطح العاكس الفعال لرأس حرب الصاروخ .

وتستطيع مرسلات التشويش ، العاملة قبل عدة دقائق من دخول رأس الحرب في طبقات المجال الجوي الارضي المتماسكة ، تستطيع تشكيل تشويش الكتروني ايجابي ضد محطات الرادار . تركب مرسلات التشويش في رؤوس حرب الصواريخ أو على الاهداف الكاذبة ، التي تمتلك محركات ذات استطاعات صغيرة لتوجيه طيرانها . فأحد هذه المرسلات ، والذي أُنتج في الولايات المتحدة عام 1961 ، يتميز باستطاعة نبضية قدرها 2 كيلووات ويعمل ضمن المجال الترددي (200 ـ 400) ميغاهيرتز . وتجهيزاته موضوعة في حاوية طولها 30 سم وقطرها 11,4 سم . وينوي الغربيون أن يركبوا على كل صاروخ عابر للقارات عدداً من مرسلات التشويش يتراوح من 10 الى عدة عشرات .

ويتم توليف هذه المرسلات على الامواج العاملة للمحطات المراد اعمائها مسبقاً أو اثناء الطيران بعد التقاط اشارات المحطات بواسطة مستقبل البحث المركب في رأس حرب الصاروخ . ويركب على الصواريخ العابرة للقارات مرسلات تشويش ، قادرة على اعماء عدة محطات رادار دفعة واحدة ، حتى لو انها كانت تعمل على ترددات مختلفة . كما يمكن استخدام مرسلات تشويش صغيرة الحجم مزودة بمظلات ، تنفصل عن الصاروخ خلال طيرانه خارج المجال الجوي للارض .

واحدى المشاكل التي يقومون بحلها بخصوص مرسلات التشويش ، هي القضاء على التأثير الذي قد تتعرض له اثناء العمل من قبل الغلاف البلازمي ، المتشكل حول رؤوس الحرب والأثر البلازمي المتشكل خلفها .

يتشكل الغلاف البلازمي (عبارة عن شرائح من الهواء المتأين) اثناء طيران رأس الحرب في الطبقات المتماسكة لغلاف الارض الجوي نتيجة لتسخين الهواء عن طريق الموجات التي تصطدم

بالجسم وتأين جزيئات الهواء المحمولة على الاغلفة المضادة للحرارة . تقوم البلازما بإضعاف الطاقة الكهرطيسية وتحرف المخطط الاشعاعي الاحداثي للهوائي التابع لمرسل التشويش ، وتدخل عدم توافق بين الهوائي والجو المحيط . وبما أن زمن تفسخ الاثر البلازمي هو حوالي 2 ثانية ، فإنه يستطيل حتى 12 كم ، خلف رأس الحرب الذي يطير بسرعة 6 كم / ثانية تقريباً . وإذا اكتشفنا الغلاف البلازمي وأثره ، اللذان يتميزان بمساحة سطح عاكس فعال تتراوح بين 100 ـ 200 م^2 ، يمكننا بواسطة محطة الرادار اكتشاف حركة رأس الحرب في الطبقات المتماسكة لغلاف الارض الجوي . لهذا يتم الحد من مدى الكشف الراداري لرؤوس الحرب باستخدام مواد قادرة على تخميد الاشعة الحرارية أثناء طيرانها ضمن طبقات الغلاف الجوي للارض المتماسكة ، وذلك عن طريق تخميد الأيونات بواسطة جزيئات الغاز ذات الشحنة المعاكسة ، وايضاً توجيه ابخرة متأينة من السيزيوم والصوديوم الى الغلاف البلازمي . وعلى التوازي مع ذلك ، تنفذ اجراءات لتقوية غلاف البلازما ، الذي يتشكل حول الاهداف الكاذبة .

والى جانب مختلف الوسائط والاساليب التي تخص الاعماء الالكتروني ، يستخدمون في الولايات المتحدة الامريكية بغرض التمكن من خرق الدفاعات المضادة للصواريخ ، يستخدمون رؤوس حرب مستقلة نموذج MIRVتتوجه ذاتياً تستطيع حمل عدة اهداف كاذبة . . ومثل هذه الرؤوس تسلح الصواريخ البالاستيكية التي تطلق من الغواصات نموذج « ترايدنت ـ 1 » (8 رؤوس حرب « بالاستيكية » ذات توجيه ذاتي استطاعة كل منها 100 كيلوطن) ، و « ترايدنت ـ 2 » (14 رأس حرب استطاعة كل منها 150 كيلوطن) و بولارايس ـ 3A (3 رؤوس حرب استطاعة كل منها 200 كيلوطن) و بوسيدون ـ C3 (10 رؤوس حرب إستطاعة كل منها 50 كيلو طن) .

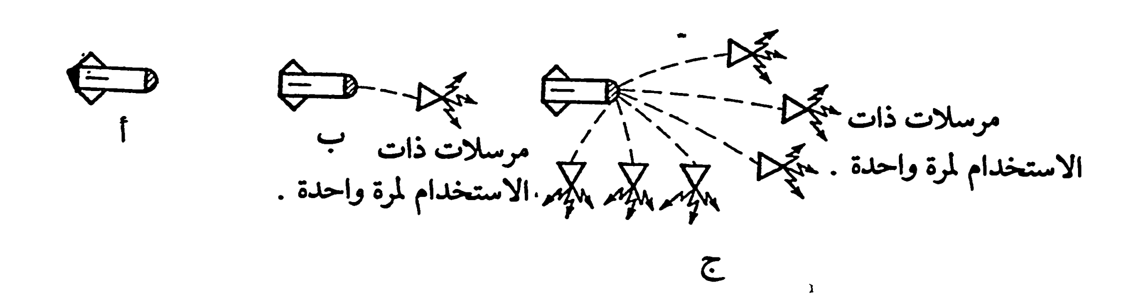
في الغرب ونظراًلاعتبار أن وسائط الاعماء الالكتروني تمتلك مقدرات كبيرة ، وخاصة تلك التي تستحوذ عليها منظومات الدفاع ضد الصواريخ ، يستخدمون وسائطاً وطرقاً مختلفة لتأمين العمل الأمين للوسائط الالكترونية الفنية . حيث يدخل في عداد منظومات الدفاع ضد الصواريخ محطات رادار مختلفة المهام ، قادرة على تمييز رؤوس حرب الصواريخ من بين الاهداف الكاذبة وذلك حسب اختلافاتها في عكس الاشارات وسرعات حركاتها وحسب نتائج تحليل الظواهر ، التي تحصل عند اختراق الاوتموسفير من قبل اجسام مختلفة وحسب مسارات طيرانها ودلائل اخرى .

وبالتمييز من بين هياكل الاشارات المنعكسة (الاستطاعة ، الاستقطاب ، طيوف الانحناءات ، الانتثار) ، التي تميز الاشكال المختلفة للاجسام اثناء عبورها المجال الجوي للارض ، والمؤسسة على قياس كمية الحرارة الصادرة عن رؤوس الحرب وتلك الصادرة عن الاهداف الكاذبة

والتي تتعلق بشكل جوهري باوزانها وسرعة اختراقها للمجال الجوي للارض ، نستطيع بالتالي التمييز بين هذه وتلك .

ثالثاً ـ الاعماء الالكتروني اثناء مجرى الاعمال لتجنب الدفاعات ضد الصواريخ

تقوم الصواريخ البالاستيكية بتنفيذ الاجراءات التالية لتجنب الدفاعات الجوية المضادة للصواريخ ، وتوجيه هذه الاجراءات ضد وسائط اعمائها الالكترونية ، في لحظة انفصال رؤوس الحرب ، اي في الجزء الاوسط من مسار الصاروخ ، يتم تفجير قسم المرحلة الاخيرة من طيران الصاروخ ، وتسبح شظاياه حول رأس الحرب مموهة إياه عن الكشف الراداري . وفي نهاية مسار طيران الصاروخ ، يقوم قسم المرحلة الاخيرة برمي عدد من الاهداف الكاذبة مختلفة الاوزان .



الشكل (20)

اساليب استخدام مرسلات التشويش لحماية الصواريخ الاستراتيجية .

أ ـ مركبة في القسم الرأسي للصاروخ .

ب ـ مطلقة في مقدمة الصاروخ ،

ج ـ مطلقة في مقدمة مسار الصاروخ والى الاسفل .

وبعدها وقبل الدخول الى طبقات الغلاف الجوي المتماسكة تستخدم مرسلات تشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة (انظر الشكل 20) ، التي بعد ان تلتقط الاشارات بواسطة مستقبلاتها الراديوية ، تولف نفسها على نفس ترددات هذه الاشارات وتبث طاقة امواج راديوية لاعماء محطات رادار الانذار المبكر وانظمة السطع الراداري التابعة لمنظومات الدفاع ضد الصواريخ ، حيث ان الاخيرة ستقع في ضياع ولا تستطيع بالتالي توجيه الاسلحة المضادة للصواريخ . كما تساعد المناورات التي تقوم بها رؤوس حرب الصواريخ على تضليل منظومات الدفاع ضد الصواريخ .

ويمكن تجنب فاعلية منظومة الدفاع ضد الصواريخ ذات الانساق المتعددة والتي يتمركز جزء منها في الفضاء حينما نستخدم وسائط الاعماء الالكتروني ضد وسائط كشفه للاهداف والتمييز بينها وتوجيه وسائط التدمير الناري . كما يمكن الحد من الامكانية القتالية للاسلحة الشعاعية ، الداخلة في عداد منظومة الدفاع ضد الصواريخ ، عن طريق حجب الاهداف الصديقة الفضائية والجوية والبرية ،

وذلك بصناعة وتركيب حواجز أمام هذه الاشعة مصنوعة من مواد تستطيع امتصاص طاقاتها الاشعاعية وتبديد الطاقة الواردة بتدوير الهدف أو عناصره أو جعله يقوم بمناورات ما . أما عملية تضليل انظمة توجيه الاسلحة الشعاعية والعادية فتتم باستخدام الاهداف الكاذبة أو التشويش ضد رؤوس التوجيه الذاتية أو ضد وسائط كشف الاهداف . والوسيطة البسيطة للتأثير على السلاح اللايزري هي العواكس الضوئية ، التي تقوم بتبديد الجزء الاكبر من طاقة الشعاع اللايزري . كما

تستطيع السطوح المعدنية المستوية تبديد طاقة الامواج الكهرطيسية . فعلى سبيل المثال ، تستطيع الهياكل ا لمعدنية المصقولة والمصنوعة من شرائح من الالمنيوم ، المستخدمة في تكنولوجيا الفضاء ،

تستطيع تبديد حوالي ٪ 98 من استطاعة الشعاع اللايزري المسقط عليها عندما يكون طول موجته 10 ميكرومتر و ٪ 95 عندما تتراوح اطوال امواجه بين 3,5 الى 4 ميكرومتر . وفي الولايات المتحدة يستخدمون طريقة للحيلولة دون التدمير اللايزري تتلخص بتغليف السطوح المعدنية المصقولة

بصفائح من مواد خاصة أو بمواد ماصة للاشعاعات الردايوية ، تكون قادرة على تشكيل غيوم بلازمية حول الهدف (رؤوس حرب الصواريخ والطائرات وغيرها) وعلى امتصاص طاقة الامواج الكهرطيسية . كما يمكن استخدام فلاتر ضوئية قادرة على تغيير شفافيتها ومواد تغير قدرة عكسها وتبديدها لطاقة الامواج الكهرطيسية . لكن التأثير ضد الاسلحة الحزمية ، يصبح اكثر صعوبة ، لأن حزم الجزيئات عالية الاستطاعة قادرة على اختراق المواد بدرجة اكثر عمقاً مما تستطيعه اشعة اللايزر .

وحزم الجزيئات المشحونة يمكن فقط حرفها باستخدام الحقول المغناطيسية .

وقد نستطيع التأثير على منظومات كشف الاهداف الالكترونية الراديوية وتوجيه الاسلحة التابعة

لانظمة الدفاعات ضد الصواريخ ، عن طريق تركيز اشعاعات كهرطيسية مختلفة وشديدة الاستطاعة عليها . ولهذا الغرض من المفيد استخدام الايروزول وتغليف الصواريخ بمواد قادرة على امتصاص طاقات الحقول الكهرطيسية والاشعة المرئية وتحت الحمراء وفوق البنفسجية والاشعة ذات الامواج القصيرة جداً . كما يمكن اعماء هذه المنظومات بواسطة الاشعة الكهرطيسية الصادرة عن الانفجارات النووية من على ارتفاعات عالية . ويمكننا الحد من فاعلية نظام الدفاعات الفضائي ضد الصواريخ

باستخدام كمية كبيرة من الاهداف الكاذبة الصغيرة على شكل صواريخ صغيرة ، ذات نظام توجيه بسيط . كما من الممكن نشر غيوم من الايروزول حول رؤوس حرب الصواريخ - وتصبح كمصادر لاشعاعات حرارية (تحت الحمراء) ، تموه الاشعاعات تحت الحمراء الذاتية لرؤوس الحرب . ويمكننا تشكيل ستائر ايروزولية وستائر مختلفة الاشكال فوق منطقة اطلاق الصواريخ العابرة للقارات ، حيث تقوم بتمويه الصواريخ في لحظات انطلاقها .

لكن تبقى وسائط الاعماء الالكتروني ، هي الوسائط الاكثر فاعلية وتأثيراً على عمل منظومات الدفاعات ضد الصواريخ وعلى انظمة قياداتها العسكرية . وتكاليف جميع هذه الوسائط والتدابير المذكورة سابقاً لا تشكل ما يزيد عن ٪ 10 من كلفة منظومات الدفاعات ضد الصواريخ .

الحرب الالكترونية في الحروب العالمية

الباب التاسع عشر

البدايات الأولى للحرب الالكترونية .

اولاً ـ المحاولات الاولى للسطع الراديوي وتشكيل التشويش الالكتروني في الاعمال القتالية .

تعود الافكار الاولى للقيام بالسطع الراديوي وتشكيل تشويش الكتروني وتنفيذها الى زمن بداية استخدام الاشعة الراديوية في العمل العسكري . ففي عام 1903 صدرت عن المخترع بروفيسور الراديو أ . س . بابوف فكرة عن امكانية القيام بالسطع الراديوي وتشكيل التشويش الالكتروني واقترح تدابير الوقاية منه . والحالات الاولى لتنفيذ السطع الراديوي وتشكيل تشويش الكتروني ضد الاتصالات اللاسلكية ، سجلت في مجرى الحرب الروسية اليابانية .

أما التشويش الالكتروني فشكل لاول مرة في الاسطول البحري عام 1904 ، اثناء قيام الطرادات اليابانية بالقصف المدفعي لمرسى السفن الداخلي في ميناء مدينة آرتور والمدينة ذاتها . وكانت السفن اليابانية تصحح هذه الرمايات عن طريق الراديو ، التي كانت ترسو في الجهة المقابلة لمدخل المرسى . واستطاعت محطات اللاسلكي المركبة على الدارعة « النصر » والسفينة « جبال الذهب » أن تعيق ارسال البرقيات الصادرة عن مصححي الرماية اليابانيين ، حيث أصبحت مهمتهم جدّ معقدة في تصحيح رمايات المدفعية للطراد « تاكاساي » .

واثناء المعركة البحرية ، التي دارت في مضيق تسو سيميكي ، استخدم الطراد « زمرد » واستخدمت الدارعة « غرومكي » محطات الاتصالات اللاسلكية البحرية لتشكيل تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية للسفن اليابانية .

أما نظرياً فتم لاول مرة تأسيس تشكيل التشويش الراديوي وطرق حماية الاتصالات اللاسلكية منها ، في عام 1911 من قبل برفيسور التكنيك الراديوي أ . ب . بتروفسكس أثناء عمله في الاكاديمية العسكرية البحرية . وكان ان اختبرت الطرق التي اقترحها لتشكيل تشويش راديوي ولحماية الاتصالات اللاسلكية منها في اسطول البحر الاسود . وفي نفس الوقت تم انتاج تدابير تسمح « . . . بالتهرب من تشويش العدو اثناء اقامة الاتصالات اللاسلكية » . لاقت التمارين التي نفذت لتشكيل تشويش راديوي وتدريب عمال اللاسلكي على العمل في ظروف التشويش التي قامت بها سفن اسطول البلطيق نجاحاً كبيراً .

بعد الحرب الروسية ـ اليابانية ، بدأت العديد من الدول انتاج وسائط الالتقاط والتسديد الراديوي . أما محطات السطع الراديوي التي انتجت في تلك الفترة ، فاستخدمت في بداية الامر لمراقبة التبادل الراديوي (البرقيات) بين الاطراف الصديقة وذلك بهدف التقاط المحادثات اللاسلكية التي تخترق هذا التبادل ولاحقاً التقاط البرقيات اللاسلكية المعادية .

ثانياً ـ السطع الراديوي والتشويش الالكتروني في مجرى الحرب العالمية الاولى .

في مجرى الحرب العالمية الاولى ، أصبح استخدام السطع والتشويش الراديويين اكثر كثافة . وحتى تلك الفترة لم تستخدم من عداد التجهيزات الالكترونية الفنية سوى وسائط الاتصالات اللاسلكية ، وكانت تعتبر عبارة عن اهداف للسطع والتشويش الراديويين .

كان يجري استخدام التشويش الراديوي لخرق الاتصالات اللاسلكية بين اركانات الجيوش والفيالق وبعض الفرق وايضاً بين السفن الحربية . واستخدم التشويش ضد الاتصالات اللاسلكية اثناء مجرى الاعمال القتالية للقوى البحرية والقوات البرية بشكل عرضي ، بسبب ان الاطراف المتصارعة كانت تعطي الاولوية لالتقاط البرقيات اللاسلكية ، لا لخرقها أوالتشويش عليها . ولتشكيل التشويش استخدموا وسائط الاتصالات اللاسلكية العادية ، أما في الجيش الالماني ـ فاستخدموا محطات خاصة للتشويش الراديوي . ودخل في عداد محطات التشويش الراديوي الالمانية ، الى جانب المرسلات ، المستقبلات الراديوية ، التي كانت تؤمن التقاط البرقيات اللاسلكية وتوجيه مرسلات التشويش اليها (الى الاهداف) .

وحصلت عمليات السطع الراديوي على اهمية اكبر من تلك التي حصل عليها التشويش الراديوي . وهذا النوع من السطع ، الذي كان جديداً حتى تلك المرحلة ، سمح بالحصول على معلومات ثمينة عن العدو وتجمعاته وطبيعة اعماله ووسائط قيادته دون التماس المباشر معه . وساهم في النجاحات التي نالها السطع الراديوي ، الخروقات لنظام العمل التي كان يبديها عمال اللاسلكي اثناء تبادلهم للبرقيات اللاسلكية وقيامهم بنقل الاوامر السرية والتعليمات عن طريق اللاسلكي ، وهم يستخدمون الكودات البسيطة والشيفرات سهلة الحل . ونظمت اعمال السطع الراديوي في الحرب العالمية الاولى في الجيوش الروسية والانكليزية والفرنسية والالمانية والنمساوية ـ المجرية . ففي الجيش الروسي وبهدف القيام بالسطع الراديوي ، ادخل في عداد اركانات الجيوش ما سمي بمجموعات السطع الراديوي .

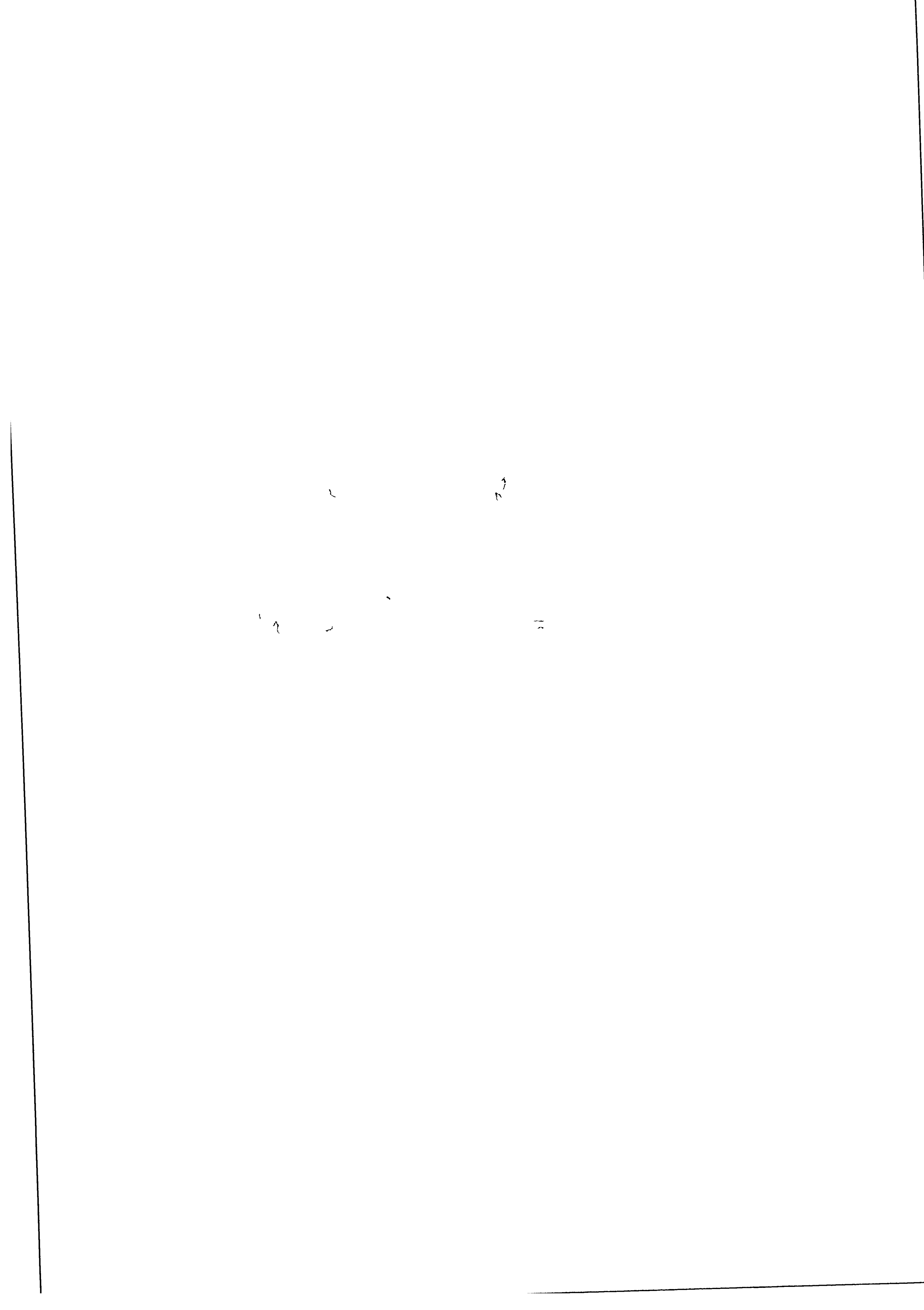
وزادت امكانيات وقدرات السطع الراديوي كثيراً بعد ان بوشر باستخدام المسددات الراديوية ، المنتجة بين عامي 1915 و 1916 في بريطانيا العظمى وروسيا والمانيا وفي النمسا ـ المجر . وعملت وحدات السطع الراديوي الروسية والفرنسية والانكليزية بتعاون تام وتم تبادل المعلومات المستحصلة بينهما ، التي كانت تخص اساليب عمل العدو وطبيعة تركيب محطات نداءاته اللاسلكية وكوداته .

في مجرى الحرب العالمية الاولى ، تم بناء وحدات السطع الراديوي على شكل نوع مستقل يتبع القوات البرية وآخر يتبع الاسطول البحري الحربي . وتمكن السطع الراديوي من الحصول على معلومات سطع ثمينة ، تمكنت من مراقبة تنقلات القوات المعادية وفضحت نوايا وافكار قياداته ، نتيجة لدراسة البرقيات المتداولة واستطاعت ان تحدد رموز نداءاته وتردداته العاملة والالحان المختلفة لمحطاته اللاسلكية وجميع الخروقات في انظمة عمل تبادل البرقيات مهما كانت طفيفة والتعرف على كل محطة لاسلكية تدخل من جديد في العمل .

بعد انتهاء الحرب العالمية الاولى ، جرى في بعض الدول ، وعلى الاخص ، في بريطانيا العظمى والمانيا ، عمل نشيط واتخذت تدابير لتطوير وسائط واساليب السطع الراديوي وتشكيل التشويش الالكتروني . حيث تم انتاج مستقبلات راديوية بانورامية ومسددات راديوية وشكلت فصائل ووحدات السطع الراديوي واقيمت تجارب لتشكيل التشويش الالكتروني . وبسبب من تعاظم الامكانيات المقدمة للسطع الراديوي ، فإنه تم التوصل لاساليب الخداع والتمويه الراديوي . وسوية مع التدابير الاخرى فإن التمويه وتضليل العدو راديوياً ساهما في خداعه كثيراً في الاعمال القتالية .

الباب العشرون

الحرب الالكترونية في مجرى الحرب العالمية الثانية.



تميزت الحرب الالكترونية خلال مجرى الحرب العالمية الثانية ، التي نشبت في الاول من ايلول عام 1939 وقامت بها المانيا الفاشية ، تميزت بالصراع العنيف والحازم بين وسائط واساليب الاعماء الالكتروني وطرق واساليب حماية الوسائط الالكترونية الراديوية منها للاطراف المتصارعة . وإذا كان قد بوشر في الحرب العالمية الاولى باستخدام التشويش الراديوي لخرق الاتصالات اللاسلكية بين اركانات التشكيلات والوحدات ، فإنها في الحرب العاليمة الثانية لاقت نجاحات باهرة في المعارك الجوية والبحرية وعلى مسارح الاعمال القتالية في البر .

وكانت طرق تنفيذ الحرب الالكترونية على مختلف مسارح الاعمال القتالية مختلفة ، حيث كانت تحدد في المقام الأول بتركيب القوات وطبيعة الاعمال القتالية . فإذا كانت قد دارت الحرب الالكترونية على مسرح الاعمال القتالية في غرب اوروبا بهدف رئيس هو اعماء الوسائط الرادارية والملاحية الراديوية المستخدمة في انظمة الدفاع الجوي وفي الاساطيل الجوية والبحرية الحربية ، فإن هدفها الرئيس على الجبهة الروسية الألمانية كان خرق الاتصالات اللاسلكية للقوات البرية .

اولاً ـ الحرب الالكترونية على مسارح الاعمال القتالية في اوروبا .

جرت الحرب الالكترونية في الاعمال القتالية التي نشبت في غرب اوروبا بين القوات المسلحة لبريطانيا العظمى والولايات المتحدة الامريكية والقوات الالمانية . وتم الحصول على المعلومات عن الوسائط الالكترونية الفنية ، اللازمة لتنظيم الاعمال القتالية والاعداد لها ، تم الحصول عليها بواسطة السطع الراديوي والعملاء والتصوير الجوي ومجموعات السطع والتخريب .

وتم الحصول على المعلومات الاكثر قيمة عن الوسائط الالكترونية الراديوية عن طريق السطع الراديوي ، الذي كانت تقوم به القوات العسكرية للاطراف المتصارعة التي اشتركت في الحرب . فعلى سبيل المثال ، تمكن السطع الراديوي الذي كان يتبع القوى البحرية الحربية الالمانية من فضح انظمة الاتصالات اللاسلكية ، واستطاعت فك شيفرة حوالي ٪ 50 من البرقيات اللاسلكية للقوى البحرية البريطانية ، وحدث هذا في عام 1940 . أما القوات الالمانية فكانت مشغولة بشكل رئيس بسطع الوسائط الرادارية العاملة لدى قوات الدفاع الجوي والقوى البحرية الحربية للحلفاء ، وخاصة في مرحلة ما سمي بالهجوم الجوي على بريطانيا العظمى ، الذي بدأ في العاشر من شهر ايلول عام 1940 .

وجه الطيران الالماني عام 1940 عدة ضربات جوية ضد محطات رادار ومطارات ومواقع المدفعية م / ط ومقرات قيادة القوات البريطانية بهدف فضح انظمة دفاعاتها الجوية . وكان يتم تحديد مناطق تمركز ومميزات الاشارت وانظمة عمل محطات الرادار بواسطة وسائط السطع الالكتروني الجوية . واستخدمت هذه المعلومات اثناء توجيه الضربات الجوية ، كما استخدمت بالاشتراك مع المعلومات المستحصلة بواسطة العملاء لتصميم وانتاج وسائط التشويش الالكتروني المناسبة .

في الفترة الواقعة بين آب 1940 وايار عام 1941 واثناء المعارك بين القوات الجوية الالمانية وقوات الدفاع الجوي البريطانية ، دار صراع عنيف وحاد في الفضاء ، كان هدفه تعقيد عملية خروج القاذفات الالمانية ووصولها الى اهدافها وتوجيهها للضربات الجوية . واثناء الغارات الجوية الليلية ضد الاهداف البريطانية ، استخدمت اطقم القاذفات البريطانية ، لتأمين الملاحة والتوجه الى الاهداف ، المناورات الراديوية العاملة على الامواج المتوسطة ومنظومات الملاحة الراديوية نموذج « لورنتس » ، التي كانت منصوبة مسبقاً على اراضي فرنسا وهولندا وبلجيكا المحتلة . وبقياسهم للاتجاه بواسطة المسددات الراديوية الموجودة فيها ، كانت الطائرات تأخذ (تسجل) اتجاهين الى منارتين راديوتين ، الامر الذي يتيح لها تحديد موقع طيرانها وبعدها كانت تتوجه الى الموقع المراد قصفه . ولإعاقة هذه العملية ، التي كان يقوم بها اطقم القاذفات ، نشرت القوات البريطانية على اراضيها عدداً كبيراً من معيدات الارسال الراديوية عالية الاستطاعة ، حيث كانت تستقبل اشارات المنارات الراديوية وتعيد ارسالها . ونتيجة لذلك كانت اطقم القاذفات تحدد اتجاهات كاذبة بدلاً من الحقيقية ولم تستطع الوصول الى المواقع المقصودة .

لهذا ومنذ آب عام 1940 ، بدأ الطيران الالماني استخدام نظام ملاحي راديوي جديد ، يتألف من عدة منارات راديوية برية ومنظومة استقبال راديوي مركبة على الطائرة . كانت المنارات الراديوية ذات المخطط الاشعاعي الاحداثي الضيق للهوائي ، كانت ترسل اشارات رأديوية مرة كل ثانية .

وهذه الاشعة ، التي كانت ترسلها المنارات الراديوية ، كان من الممكن تسديدها الى مواقع عديدة على اراضي بريطانيا بمختلف الاتجاهات ، والتي كانت تشكل الاهداف المراد قصفها . وبعد أن علم البريطانيون عن استعداد الالمان لاستخدام هذه المنظومة ، صمموا طريقة للخداع الراديوي تتلخص باشعاع اشارات مشابهة لاشارات منظومة الملاحة الراديوية الالمانية . وكانت اطقم القاذفات المعادية تستقبل الاشارات الكاذبة لأنها اكثر استطاعة وتوجه طائراتها بعيداً عن الاهداف المستهدفة ، وكانت القنابل تسقط هباءً ، وكان صراع البريطانيين مع هذه المنظومة ناجحاً ، الى درجة ان هذا اودى بالطيارين الالمان الى ان يفقدوا ثقتهم بكفاءة وأمان منظومتهم الوطنية ، وتوقفوا عن استخدامها ، حتى عندما كانت تختفي الاشارات الراديوية الكاذبة .

في نهاية عام 1940 ، بدأ سلاح الجو الالماني يستخدم مرسلات راديوية عالية الاستطاعة لتوجيه الطائرات الى اهدافها ، واستخدمت هذه المرسلات لنشر الدعاية بالراديو بين المواطنين البريطانيين . ولهذا الغرض كان يتم قبل كل طلعة طيران تضييق عرض المخطط الاشعاعي الاحداثي لهوائي هذه المرسلات ، وكان يتم المحافظة على استمرار الارسال الراديوي ، وكانت القاذفات الالمانية تطير على طول هذا الشعاع الراديوي حتى نقطة تقاطعه مع شعاع آخر نظير له ، وتقذف القنابل فوق لندن . وعندما توصل البريطانيون الى تفسير لسبب هذه الظواهر ، قاموا بانتاج معيدات ارسال ، تستطيع اعادة اشعاع الاشارات المستقبلة بواسطة هوائي دائري ، وبهذا يكونون كأنهم « اجترفوا » المخططات الاشعاعية الاحداثية لهوائيات محطات الارسال الراديوية الالمانية . أما المرسل الراديوي الثاني فكان يتميز بمخطط اشعاعي احداثي ضيق للهوائي المركب عليه وقام بمهمة حرف نقطة تقاطع الاشعة الراديوية عن منطقة لندن لتصبح فوق مضيق المانش . حيث أصبحت اطقم القاذفات الالمانية ترمي قنابلها هناك .

وحسب تأكيدات البريطانين ، ساعدت عمليات التضليل الراديوي بالتوافق مع تشكيل التشويش الراديوي ، ساعدت على الحد من فاعلية الضربات الجوية الالمانية ضد الاهداف البريطانية ، ونتيجة لذلك من بين كل خمس قنابل مسقطة ، اصابت اهدافها واحدة منها فقط .

وجرى صراع حاد متوتر بين السطع الراديوي ومحطات رادار الغواصات والقوى المضادة للغواصات بين عامي 1940 و 1945 . وتصدت الغواصات الالمانية لقوافل الحلفاء البحرية ، التي كانت تنفذ طلعات بحرية بين الشواطىء الاطلسية للولايات المتحدة واوروبا الغربية . كانت هذه الغواصات تتوجه الى اهدافها عن طريق الراديو من قبل نقاط التوجيه الساحلية حسب معلومات طائرات السطع أو محطات الرادار الذاتية . ولحماية خطوطهم البحرية ، كان الامريكيون والبريطانيون ينفذون عمليات للبحث عن الغواصات مستخدمين لذلك الوسائط البرية والجوية والبحرية

ومراكز التسديد الراديوية ، الموجودة على اراضي الولايات المتحدة وبريطانيا وغرينلاند وعلى جزر آزور وغيرها من تلك الواقعة في المحيط الاطلسي . استطاع الحلفاء بواسطة هذه الوسائط اكتشاف الكثير من الغواصات الالمانية والتسديد عليها وتدميرها وإغراقها . كما تعرضت سفن السطح الالمانية لمثل هذا المصير . الى جانب ذلك ، كان الحلفاء اثناء استخدامهم لمعلومات السطع الراديوي ، عادة يغيرون مسارات القوافل البحرية عند اكتشاف الغواصات المعادية . إلا انه وبغض النظر عن التدابير التي نفذها الحلفاء ، تابعت الغواصات الالمانية توجيه ضربات قاسية وكبيرة ضد قوافل الحلفاء البحرية وأوقعت بها خسائر جسيمة . في عام 1942 ، حاول البريطانيون زيادة احتمال اكتشاف الغواصات الالمانية بتركيبهم محطات رادار تعمل على امواج طولها 50 سم ، وذلك على الطائرات وسفن الحراسة . أما طائرات سلاح الطيران البحري الامريكي فسُلحتْ بمحطات رادار من نموذج ASE التردد العامل 176 ميغاهيرتز . سمحت محطات الرادار هذه اكتشاف الغواصات الالمانية في ظروف الرؤية المختلفة ، بمجرد أن طفت على سطح الماء ، وبعدها كانت توجه ضربات ضدها .

وهذا ما أفقد الغواصة اهم ايجابية تكتيكية تتمتع بها وهي سرية العمل والمفاجئة بالهجوم . إثر ذلك بدأت تتزايد الخسائر من الغواصات . في عام 1942 ، واثناء محاولة الالمان اخفاء الغواصات عن الكشف الراداري ، ركبوا عليها مستقبلات سطع راديوية ، كانت تستقبل الاشارات الرادارية قبل وقت كبير من تمكن محطات الرادار المركبة على الطائرات من اكتشاف الغواصات ، والاخيرة كانت تتمكن في الوقت المناسب من التخفي تحت الماء . الى جانب ذلك ، سمحت مستقبلات السطع الراداري باكتشاف سفن السطح والاغارة عليها وعلى القوافل التي كانت تدخل في عدادها .

في ربيع عام 1943 ، بدأ البريطانيون والامريكيون بتركيب محطات رادار حديثة ، تعمل على مجالات التردد السنتمترية ، على الطائرات المضادة للغواصات . ولم تتمكن مستقبلات السطع الراديوي المركبة على الغواصات من استقبال والتقاط اشارات هذه المحطات . ونتيجة لذلك زادت النسبة المئوية لخسائرها من 13 حتى ٪ 30 من كمية الغواصات المبحرة (فقدت المانيا في شهر ايار من عام 1943 فقط ، 39 غواصة) .

حاولت قيادة الاسطول الالماني التوصل لمعرفة وتحديد الطريقة التي يستطيع فيها طيران الحلفاء كشف الغواصات . وكانت تشير المعلومات المستقاة من اطقم الغواصات الى عدم تسجيلهم لإشعاعات صادرة عن محطات رادار اثناء غارات الطائرات عليهم . لهذا افترض الالمان ، أن الحلفاء لا يستخدمون على طائراتهم المضادة للغواصات التكنيك الراداري بل تكنيك الاشعة تحت الحمراء ، وباشروا العمل لتصميم وانتاج وسائط لكشف اشعاعات الاشعة تحت الحمراء .

وبين شهري تموز وآب ، زادت فاعلية القوات المضادة للغواصات البريطانية والامريكية وذلك

على خطوط الامداد في المحيط الاطلسي . لهذا زادت خسائر الغواصات الالمانية وانخفضت خسائر الحلفاء من سفن السطح . وكانت اشعاعات الهزازات المحلية ، الموجودة في عداد مستقبلات السطح الراديوي « ميتوكس » ، تفضح الغواصات ، لذا توقفت اطقم الغواصات عن استخدامها . وكان الالمان مجبرين على تبديل مستقبلاتهم الراديوية بأخرى تعمل ضمن مجال الامواج التي تتراوح بين 75 و 300 سم . إلا ان الاخيرة لم تتمكن من اكتشاف اشعاعات محطات الرادار المركبة على طائرات الدورية لدى الحلفاء . وفقط في آذار من عام 1943 ، عرف الالمان ، بعد ان اكتشفوا وجود محطة رادار من طرازH-2S على احدى الطائرات المضادة للغواصات المسقطة بالقرب من روتردام ، عرفوا ان طائرات الحلفاء المضادة للغواصات تستخدم محطات رادار تعمل على امواج طولها 10 سم . بعد

حصولهم على هذه المعلومات ، صمم المهندسون الالمان في منتصف عام 1943 مستقبلاً راديوياً جديداً نموذج « ناكسوس » (طول موجته 9 ـ 12 سم) ، يمتلك هوائي دقيق التسديد ، وباشروا بتركيبه على الغواصات ابتداءً من خريف عام 1943 . وبسبب تمكن هذا النموذج الجديد من المستقبلات الراديوية من التقاط الاشعاعات الصادرة عن محطات رادار الطائرات المضادة للغواصات قبل أن تتمكن الأخيرة من كشف الغواصات ، كانت الغواصات قادرة على التخفي والهروب من هجمات القوى المضادة لها . ولتعقيد عملية اطقم الغواصات اثناء محاولاتهم اكتشاف الطائرات عن طريق التقاط اشعاعات محطات راداراتها ، نحا بعض الطيارين الانكليز الى عدم استخدام محطات الرادار أو كانوا يديرون هوائياتها الى الاتجاه المعاكس للاتجاه الى الغواصات وذلك بعد اول التقاط لها . وفي نهاية عام 1943 ، ركّب الحلفاء على طائراتهم محطات رادار تعمل على امواج طولها 3 سم . إلا ان الالمان في بداية عام 1944 بعد أن اكتشفوا هذه المحطة ، التي كانت موجودة ضمن حطام الطائرة المسقطة فوق برلين صمموا مستقبلاً راديوياً من نموذج « تونيس » يعمل على امواج طولها 3 سم وانتجوا العديد منه وركبوها على الغواصات . وعلى التوازي مع ذلك تم تزويد الغواصات

الالمانية بمحطات رادار تعمل على مجال الامواج السنتمترية . والامريكيون بدورهم ، انتجوا مستقبلاً راديوياً يعمل على امواج طولها 3 سم ، إلا أنه لم يتمكن من اكتشاف والتقاط الاشعاعات التي كانت تصدرها محطات الرادار المركبة على الغواصات الالمانية . وكما أصبح واضحاً في نهاية الحرب ، فإن الغواصات الالمانية لم تنح الى تشغيل محطات رادارتها خوفاًمن سطعها من قبل وسائط سطع الحلفاء .

كانت الغواصات تستر نفسها عن الكشف الاستطلاعي الراداري بمكوثها اكثر الاحيان تحت الماء ، وذلك بفضل تجهيزات كانت تسحب الهواء الى داخل الغواصة وتشغل محركات الديزل أثناء المكوث في الوضع البيرسكوبي . إلا أن محطات الرادار الانكليزية العاملة على الامواج السنتمترية استطاعت اكتشاف هذه التجهيزات . لهذا بدأ الالمان في عام 1944 ، بهدف تمويه الغواصات عن الكشف الراداري ، بطلاء هذه التجهيزات والبيرسكوبات بمواد قادرة على امتصاص الامواج

الكهرطيسية ، والاخيرة تمكنت من تخميد ٪ 80 من طاقة الامواج الكهرطيسية الساقطة عليها ، ونتيجة لذلك انخفضت امدية كشف المحطات الرادارية للغواصات بعدد من المرات . الى جانب ذلك ، استخدموا اهدافاً رادارية نموذج « افروديت » وهي عبارة عن بالون فارغ تلتحم عليه عواكس زاوية راديوية مطلية بمادة قصديرية رقيقة . وكانت هذه الاهداف الكاذبة الرادارية تستهوي محطات الرادار المركبة في الطائرات وعلى سفن الدورية البريطانية والامريكية . ونتيجة لاستخدامها تمكنت العديد من الغواصات تجنب الكشف والهروب من الملاحقة التي كانت تقوم بها القوى المضادة للغواصات .

قام سلاح الطيران الانكليزي بعمليات سطع راديوي كثيفة اثناء الغارات التي كان ينفذها ضد المواقع الالمانية ، وذلك بهدف معرفة مواصفات محطات الرادار المستخدمة في انظمة الدفاع الجوي المعادية ومعرفة مواقع انتشارها .

قام الانكليز في صيف عام 1943 ، مستخدمين المعلومات التي كانوا يحصلون عليها من السطع الراديوي ، بتصميم مستقبلات راديوية مخصصة للانذار المبكر للاطقم عن اقتراب الطائرات المغيرة وركبوها على طائراتهم القاذفة . وبعد أن علم الطيارون الالمان بهذا الامر ، بدأوا يحدون من تشغيل محطات الرادار . وما أن وصل شهر اكتوبر من عام 1943 حتى كان الالمان قد صمموا وانتجوا محطة رادارية جديدة للالتقاط والتسديد وركبوها على المطاردات . كان نموذج هذه المحطة « ليختنشتين CH ـ 2 » ومدى عملها وصل الى 6400 م . وفي هذه الفترة بدأوا يستخدمون مستقبلات راديوية سطعية نموذج « فلنسبورغ » من على المطاردات وذلك بهدف كشف الاشارات الرادارية الصادرة عن القاذفات ومحطات حماية مؤخرات المجموعات القاذفة . كبدت المطاردات التي زودت بمستقبلات كشف راديوية وبمحطات رادار ، قوات الحلفاء الجوية خسائر كبيرة جداً . فخلال ليلة واحدة (30 ـ 31 آذار من عام 1944) ، أسقطت المطاردات الالمانية 94 قاذفة من قاذفات الحلفاء من بين 795 شاركت بالاغارة على نورمبرغ .

نفذت القوات المسلحة البريطانية عمليات سطع راديوي على مسرح الاعمال القتالية في البحر المتوسط اثناء تنفيذها لاعمال قتالية ضد ايطاليا ، التي دخلت الحرب الى جانب المانيا في 10 حزيران من عام 1940 . اقدم الايطاليون ، حينما توجهوا الى افريقيا لتزويد القوات الالمانية بالذخائر الحربية ، على اخبار قيادتهم العسكرية ، التي تواجدت آنذاك في ليبيا ، بالراديو المشفر ، عن خطوط السير التي ستسير عليها وزمن الوصول ومناطق رسو السفن . ووحدات السطع الانكليزية ، التي حصلت عن طريق احد عملائها ، على ومفاتيح الشيفرة ، كانت تستطيع دورياً فك شيفرة البرقيات اللاسلكية . واستطاعت السفن البريطانية أن تدمر وتغرق السفن الايطالية بعد حصولها على

المعلومات اللازمة لهذا الغرض .

ولرفع امكانيات وقدرة عمليات السطع الراديوي ، عملت مجموعة من علماء الصوتيات الانكليز على تصميم طريقة لتمييز المحطات اللاسلكية بعضها عن بعض حسب اصوات عمال اللاسلكي ، الذين كانت تسجل اصواتهم مسبقاً وبعد ذلك كان يجري تحليلها . وسمحت عمليات السطع الراديوي التي اصبحت تقام على اساس اصوات معروفة بالاضافة الى تحديد اتجاهات الارسالات اللاسلكية للسفن ، سمحت تحديد مواقع المحطات اللاسلكية والاركانات والسفن التي تقوم بخدمتها .

تم تشكيل التشويش الالكتروني على المسرح الغربي للحرب في معارك عديدة وذلك سوية مع القيام بتدمير الوسائط الالكترونية الراديوية بالمدفعية والطيران والصواريخ ، وكان الهدف الرئيس لذلك هو تأمين الاعمال القتالية للطيران وقوات الاسطول . ولعب التشويش الالكتروني دوراً كبيراً في عمليات الانزال التي قام بها الحلفاء في اوروبا .

واثناء عملية الانزال ، كان عادة يتم اعماء الاتصالات اللاسلكية ومحطات الرادار بالتشويش . فعلى مسرح الاعمال القتالية في المتوسط واثناء هجوم القوات البريطانية ـ الامريكية على جزيرة صقلية وعلى شبه جزيرة الابينين ، نُفذت اعمال تضليل راداري ضد الانظمة العاملة ضمن القوات الايطالية ـ الالمانية . وقبل اسبوع من الانزال ، الذي نفذ على جزيرة صقلية (في تموز عام 1943) ، وجه طيران الحلفاء واساطيلهم البحرية ضربات عدة ضد محطات رادار السطع الموجودة على جزر سردينيا وصقلية . وأثناء مجرى عملية الانزال ، تم اعماء المحطات الرادارية التي بقيت سالمة من قبل وسائط التشويش الالكتروني التي كانت مركبة في الطائرات وعلى السفن ، الامر الذي جعلها غير قادرة على مراقبة حركة سفن الانزال وطائرات الدعم .

وابتداء من صيف عام 1943 ، بدأ طيران الحلفاء تشكيل تشويش الكتروني لتجنب وتحييد منظومات الدفاع الجوي الالمانية ، التي كانت تمتلك محطات رادار كشف جوي وتوجيه المطاردات ونيران بطاريات المدفعية المضادة للطائرات . ونبعت ضرورة استخدام التشويش الالكتروني ، بعد الخسائر الكبيرة التي تعرض لها سلاحا بريطانيا وامريكا عندما كانا ينفذان غارات جوية ضد المواقع الالمانية . وكانت هذه الخسائر تقع بسبب استخدام نيران مدفعية الدفاع الجوي الموجهة من قبل محطة رادار المدفعية نموذج « فيورتسبورغ » . ولاول مرة وفي ليلة (23 ـ 24) تموز عام 1943 ، استخدمت اطقم القاذفات البريطانية التشويش الاكتروني السلبي ، المؤلف من قصاصات واشرطة من الالمنيوم المفضض ضد محطات رادار الدفاعات الجوية وذلك للحد من فاعلية تأثير مدفعية الدفاع

الجوي ، اثناء الغارة التي قام بها الحلفاء على هامبورغ . رمت الطائرات ، خلال الغارة ، عدة آلاف من الحزم ، تحتوي كل منها على 2000 شريط . وهذه الاشرطة كانت مطوية في الحزمة وتراوحت اطوالها بين 4 ,22 و 3 ,29 سم ، وكان غرضها اعماء محطات رادار توجيه المدفعية والمطاردات العاملة ضمن مجال ترددي يتراوح بين (250 و 600) ميغاهيرتز ، وكان يتم إسقاطها كل دقيقة وذلك عند اقتراب الطائرات من حدود كشف محطات رادار توجيه المدفعية المعادية للاهداف الجوية . وكانت تستمر مشاهدة الاشارات الرادارية المنعكسة عن الاشرطة الممعدنة على شاشات محطات الرادار مدة تصل الى 20 دقيقة . وكان احتياطي الحزم الموجود في كل قاذفة يكفيها لتمويه ذاتها عن الكشف الراداري لمسار طيران يصل الى 500 كم .

وتحت ظروف تأثير التشويش الالكتروني السلبي ، لم يستطع عمال رادار المحطات اكتشاف الاهداف الجوية وتوجيه نيران المدفعية المضادة للطائرات واعماء المطاردات . وعادة كان يوجه عمال الرادار المدفعية والمطاردات لا الى الطائرات المعادية ، بل الى الاهداف الكاذبة والعواكس التقليدية . ولإنهاك انظمة الدفاع الجوي المعادية ، كان طيران الحلفاء يقلد احياناً ، بواسطة التشويش السلبي الالكتروني ، غارات وهمية على اتجاهات كاذبة . ونتيجة لاعماء وسائط الدفاع الجوي الرادارية بالتشويش انخفضت خسائر الحلفاء من القاذفات ، التي استخدمت للاغارة على المواقع الالمانية . ولتضليل إطقم محطات الرادار واعاقة اعمالها وتعقيد المسرح الراداري الجوي ، استخدم الطيران البريطاني والامريكي ، الى جانب التشويش الالكتروني السلبي ، شباكاً معدنية ، كانوا يقطرونها خلف الطائرات وكانت مدافع الدفاع الجوي غالباً تسدد النيران اليها .

في عام 1943 ، بدأ طيران الحلفاء تشكيل التشويش الالكتروني الايجابي الى جانب التشويش السلبي الالكتروني الذي كان يستخدمه سابقاً . ولاول مرة أُستخدم فيه التشويش الالكتروني الايجابي ضد محطات الرادار ، كان من قبل الطيران الامريكي اثناء غاراته التي نفذها ضد مدينة بريمين في اكتوبر عام 1943 . قامت الطائرات بتشكيل التشويش بواسطة مرسلات تشويش نموذج « كاربيت » ، تراوحت استطاعاتها من 6 (APT ـ 1) الى 15 (APT 5) واط والترددات العاملة (220 ـ 90) و (720 ـ 450) ميغاهيرتز ، حسب التسلسل . في اكتوبر عام 1943 ، تم تركيب مرسلات التشويش على طائرات فوجين من افواج القاذفات الامريكية . وحتى نهاية العام أصبحت جميع نماذج قاذفات سلاح الجو الامريكي B ـ 27 وB ـ 24 ليبريتر التابعة للجيشين الجويين الثامن والخامس عشر والعاملة على جبهة غرب اوروبا ، أصبحت تمتلك النماذج السابقة الذكر من مرسلات التشويش . ولاحقاً تم تعريض مجال الترددات العاملة حتى 4000 ميغاهيرتز أما الاستطاعة فوصلت من 25 (APT ـ 9) حتى 30 (APT ـ 10) واط . ونظراً لما لاقته وسائط تشكيل التشويش الإلكتروني من نجاح ، نتيجة فاعليتها العالية في اعماء محطات الرادار ، تم تركيبها على جميع القاذفات

الامريكية وعلى ٪ 10 من القاذفات البريطانية . الى جانب ذلك وبهدف الحماية الجماعية للطائرات ، تزودت بعض الطائرات البريطانية بمرسلات تشويش خاصة .

وتم التوصل الى فاعلية كبرى في اعماء محطات الرادار ، عندما كان يتم الاستخدام المشترك للتشويشين الالكترونيين السلبي والايجابي . وبهذا نقصت الخسائر التي تعرضت لها الطائرات التي كانت تنفذ غارات جوية تحت حماية التشويش المركب ، بعدد من المرات يزيد على 2 بالمقارنة مع الخسائر التي كانت تتعرض لها الطائرات المغيرة دون حماية التشويش . أما فاعلية الدفاعات الجوية الالمانية فانخفضت في ظروف تأثير التشويش حتى ٪ 75 . وكان يلزم لاسقاط طائرة محمية بالتشويش حوالي 3000 طلقة مدفعية مضادة للجو ، بينما كانت تحتاج الطائرة المغيرة دون حماية التشويش لعدد من الطلقات لا يزيد عن 800 .

استخدم التشويش الالكتروني من قبل الحلفاء ، لا لاعماء الوسائط الالكترونية الراديوية البرية فقط ، بل والجوية ايضاً . فالانكليز شكلوا تشويشاً راديوياً ضد شبكات الاتصالات اللاسلكية ، التي كان عبرها يتم توجيه المطاردات الالمانية ، وبهذا كانت تتم اعاقة اعمال الطيارين الالمان بما يخص المحادثات اللاسلكية واستقبال اوامر التوجيه . وعلى التوازي مع تشكيل التشويش الراديوي ضد المطاردات ، كانت ترسل اوامر توجيه كاذبة .

في نهاية عام 1943 ، باشرت اطقم القاذفات البريطانية تشكيل تشويش الكتروني سلبي وايجابي ضد محطات رادار المطاردات . ونتيجة لذلك انخفضت خسائر القاذفات ، التي كانت تشكل التشويش الالكتروني . لكن ، في عدد من الحالات استخدم طياروا الطائرات المطاردة اشعاعات مرسلات التشويش الالكتروني للتوجه الى القاذفات . وعندها بدأ البريطانيون ومنذ تموز عام 1944 تشكيل تشويش ضد محطات رادار المطاردات الالمانية الليلية بواسطة مرسلات تشويش الكتروني برية نموذج 1 ـ MPQ توبا ، وهي من انتاج امريكي ، كانت مركبة على الساحل الجنوبي للجزر البريطانية . وكان هذا التشويش يضيء شاشات محطات رادار الالتقاط والتسديد وبذلك كان يعيق اعمال المطاردات المعادية ضد القاذفات البريطانية . كما كان تأثير مرسلات التشويش « توبا » فعالاً ضد محطات الرادار البرية ، المنتشرة قريباً من مضيق المانش ، وكانت تغطي اعمال السفن والطائرات البريطانية .

أُستخدمت الخبرة المتراكمة خلال مجرى خوض الحرب الالكترونية اثناء عمليات الانزال والاعمال القتالية للقوى الجوية في تنفيذ عملية الانزال التي نفذتها القوات الانكليزية ـ الاميركية في فرنسا ، بعد انتقالها من بريطانيا عبر بحر المانش .

في حزيران عام 1944 ونتيجة النجاحات الكبيرة ، التي احرزها الجيش السوفييتي ، أُجبر

الحلفاء على فتح جبهة ثانية في اوروبا ، حيث كانوا يخشون من تفرد الاتحاد السوفياتي بتدمير المانيا الفاشية . وعلى التوازي مع اختيار قيادة قوات الحلفاء لمنطقة النورماندي في القطاع المحصور بين شيربور وهافر بالقرب من مصب نهر السين ، كانت هذه القيادة تحاول أن توهم الحلفاء بأن الانزال سوف يتم في منطقة كال عبر مضيق با ـ دي ـ كال .

وكان قد تم الاعداد للجزء الاهم من خطة الخداع هذه في كانون الثاني من عام 1943 ، وانحصر بالتأثير القوي على نظام عمل منظومة السطع الراداري الالمانية في منطقة انزال الحلفاء .

وحشد الالمان في شمال فرنسا عدداً كبيراً من محطات الرادار لتأمين كشف الطائرات والسفن وتوجيه نيران الدفاعات الجوية والمدفعية الساحلية والبحرية وتوجيه الطائرات المطاردة ايضاً . وتم نشر المراكز الرادارية بين مسافات تتراوح من 60 الى 150 كم ، وكل مركز كان يتألف من (1 ـ 3) محطة رادار نموذج « فريا » ومحطتين نموذج « فيورتسبرغ الكبيرة » ومحطة « فاسرمان » ، ووصل عدد هذه المراكز الى عشرات عدة . وكان عدد المراكز الرادارية المنتشرة على الاراضي الالمانية 200 مركزاً . كما أُستخدمت محطات الرادار من قبل العديد من الطائرات الالمانية . ورأت قيادة الحلفاء أن ظروف التضليل التي ستتشكل ضد منظومة الالمان الرادارية في منطقة الانزال ، يمكنها أن تعيق اعمال كشف الاهداف الجوية والبحرية وتوجيه الطيران والدفاعات المدفعية الساحلية والبحرية ، التي سيقوم بها الالمان .

وكانت تتضمن الخطة التي اعدتها قيادة الحلفاء ، لتنفيذ عملية الانزال ، تدمير محطات رادار السطع ، أما التي ستبقى سالمة منها فيجري اعمائها باستخدام التشويش السلبي والايجابي . ولتشكيل التشويش الالكتروني الايجابي ، استخدم الحلفاء حوالي 700 مرسل تشويش من على الطائرات والسفن والعربات . أما تشكيل التشويش الالكتروني السلبي فكان يتم باسقاط عواكس ديبولية راديوية مع مرسلات تشويش خاصة من الطائرات القتالية وبإطلاق قذائف مدفعية وصواريخ تحتوي عليها .

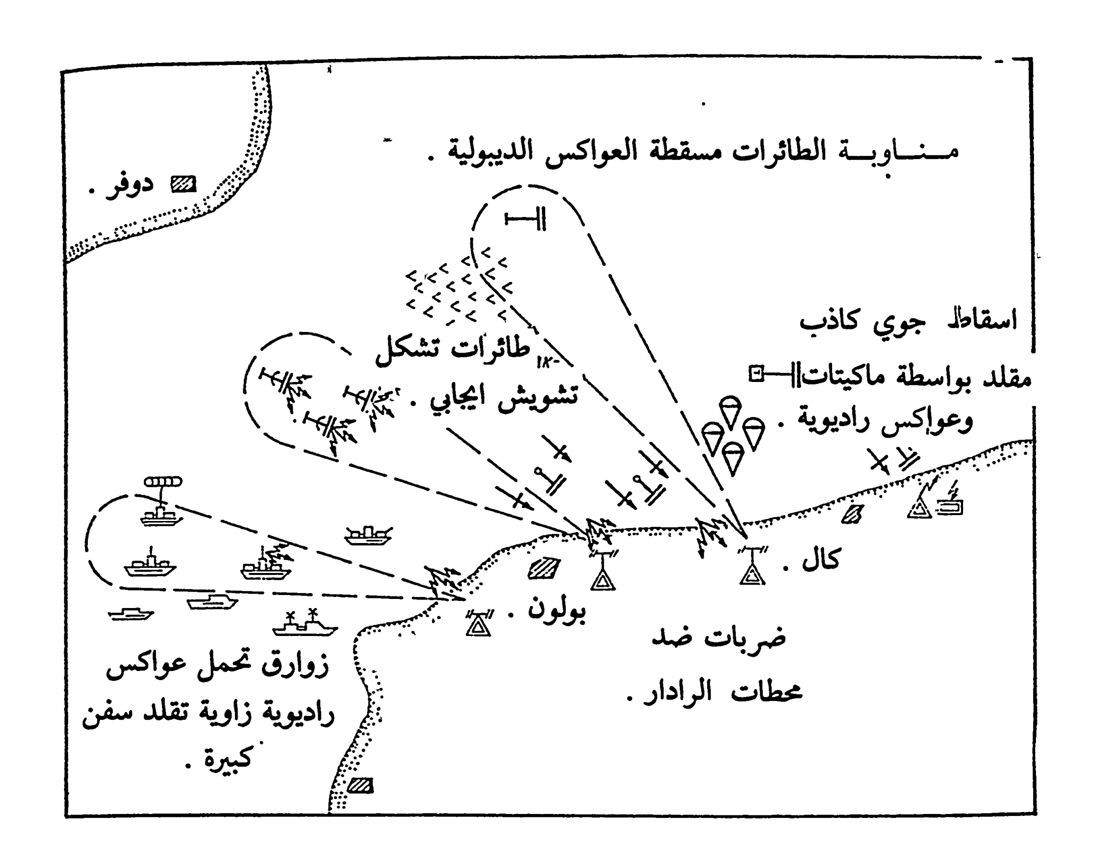
وفي مرحلة الاعداد لعملية الانزال ، استطاع الحلفاء اكتشاف وسائط السطع الراديوي والتصوير الجوي وامكنة تمركز غالبية محطات الرادار الالمانية وقبل اسبوع من إنزال تجريدات قواتهم قاموا بتنفيذ قصف مركز شديد ضدها . وقبل الهجوم مباشرة وجهت ضربات جوية ومدفعية ضد 42 مركز راداري وصرف اثناء ذلك حوالي 5000 قنبلة جوية وقذيفة مدفعية وصاروخ . شاركت القاذفات الامريكية والانكليزية في تنفيذ هذه الضربات وايضاً البوارج والطرادات وحاملات الالغام وسفن الانزال المزودة بقواعد صاروخية . ونتيجة هذه الضربات ، تم اخراج حوالي ٪ 80 من محطات رادار الكشف . ولم يبق على الساحل الفرنسي الشمالي الشرقي سوى عدد قليل من المحطات السليمة ، التي لم تدمر قصداً وبغرض أن تستطيع مراقبة حركة القوات البحرية وطلعات الطيران على الاتجاهات الكاذبة وذلك لتكوين صورة وانطباع ، لدى القيادة الالمانية ، بأن الانزال سيتم في كال .

وبهدف اعماء محطات الرادار السليمة وخداع القيادة العسكرية الالمانية وتضليلها عن المكان الحقيقي للانزال ، قامت الطائرات الامريكية والالمانية ليلة السادس من حزيران وعشية الهجوم باسقاط اعداد هائلة من حزم العواكس الديبولية الراديوية فوق مضيق با ـ دي ـ كال ، وشكلت العلامات الرادارية الكثيرة العدد ، التي ظهرت على شاشات محطات الرادار ، شكلت انطباعاً بأن هنالك غارات تقوم بها اعداد هائلة من الطائرات على اتجاه كال . وجراء ذلك ، نفذت المطاردات الالمانية العديد من الطلعات وكانت تلتقط الاهداف الكاذبة المقلدة من قبل العواكس الراديوية . واثناء هذه الطلعات شكل الحلفاء تشويشاً ضد الشبكات اللاسلكية التي عبرها كان يتم توجيه المطاردات .

في الصباح الباكر من يوم الهجوم ، وفي الوقت الذي اقترب فيه الاسطول مع القوات الاخرى من النورماندي ، وُجهت الى منطقة كال سفن وطائرات لتقليد حركة جسم الانزال الرئيس وذلك من منطقة الدوفر (انظر الشكل 21) . وشكلت غالبية هذه القطع تشويشاً الكترونياً سلبياً وايجابياً . الى جانب ذلك توجهت زوارق من مختلف المناطق الى الساحل الفرنسي وكانت هذه الزوارق مزودة بعواكس راديوية ، والعديد منها كان يقطر حواجز من المناطيد ، مطلية بطلاء من الالمنيوم .

وشوهدت الاشارات المنعكسة عن هذه الاهداف على شاشات عرض محطات الرادار كعلامات لسفن حربية كثيرة أو سفن شحن . وكان يحرس هذه السفن طائرات دورية ، كانت تشكل تشويشاً سلبياً عن طريق اسقاط حزم من العواكس الديبولية الراديوية . ومثل هذه العواكس كانت تطلقها قذائف مدفعيات السفن والصواريخ ، المطلقة من قواعد اطلاق ذات ست سبطانات طول كل منها (2 ـ 3) م . احتوى كل صاروخ على 70 الف من الاشرطة الممعدنة ، طول كل منها تراوح بين 13 الى 400 مم . وكانت تُفجر الصواريخ من على بعد وذلك فوق قمة مسار الطيران (الارتفاع 650 ـ 800 م وعلى مسافة 1600 ـ 1800 م) . وفي نفس الوقت كانت الطائرات تسقط في منطقة بولون ماكيتات لرجال المظلات مع مظلاتهم وحزم من الاشرطة الممعدنة ، وكانت تستقبل عند الالمان وتفسر على أنها اعمال اسقاط جوي . واستمر هذا العرض على الاتجاه الكاذب حوالي اربع ساعات . وشكلت اعمال الخداع هذه انطباعاً أن الحركة تتوجه الى ميناء بولون وكال . لهذا اعتبر الالمان أن هذه المنطقة بالذات هي المنطقة الرئيسة المستهدفة لانزال جسم الانزال الرئيس للحلفاء .

أما الانكليز فقاموا بواسطة 20 طائرة بتشكيل تشويش الكتروني ايجابي ضد محطات الرادار السليمة الموجودة في منطقة الانزال الحقيقية : والعديد من الطائرات كان يرمي عبوات دخانية فوق سطح الماء ، لاعاقة الرؤية البصرية للانزال . ونتيجة لتنفيذ التدابير السابقة الذكر ، تم شــل المنظومة الرادارية المعادية المتواجدة في منطقة الانزال . ولخرق انظمة الاتصالات اللاسلكية الالمانية ، وجهت القاذفات الامريكية والبريطانية ضربات جوية كثيرة ليلة السادس من حزيران ضد عقد



الشكل (21)

الحرب الالكترونية اثناء تنفيذ الانزال البريطاني الامريكي في فرنسا في حزيرات عام 1944 .

الاتصالات في منطقة الانزال . ولهذا الغرض ، قامت مجموعة المظليين المسقطة جوياً بقطع خطوط الاتصالات السلكية .

كما ساهمت الخدمة السرية البريطانية وتدابير التضليل المختلفة المنفذة من قبل الحلفاء في تضليل القيادة الالمانية عن منطقة الهجوم والانزال الحقيقية . فالبريطانيون ، على سبيل المثال ، كانوا يرسلون خلال عام 1943 برقيات كاذبة بالردايو ، كانوا يعلنون فيها عن نية القوات البريطانية والامريكية لتنفيذ انزال مرة في شمال وأخرى في وسط وثالثة في جنوب فرنسا .

واثناء اخضاع القيادة الفاشية العليا هذه المعلومات للتمحيص والتحليل ، توصلت هذه القيادة الى قرار يقضي بوضع الاحتياطات الرئيسة من القوات في حالة جاهزية عالية في منطقتي بولون وكال . ولم تتخذ اي اجراءات أو تدابير جديدة تخص منطقة الانزال الحقيقي في النورماندي .

وبفضل تدابير التمويه والتضليل هذه ، التي وجهت ضد انظمة السطع الراداري المعادية ، لم يتم اكتشاف سفن الانزال التي اخترقت المانش ولم تتعرض السفن والطائرات لأي ضربات . كما لم تتمكن المدفعية الساحلية من توجيه نيران تسديدية ، لأن محطات رادار الدفاع الساحلي كانت قد دمرت أو أعميت بالتشويش الالكتروني . ولم تتمكن الأخيرة من تدمير سوى ست سفن من بين الالفين سفينة التي اشتركت بعملية الانزال . كما أن طيران الحلفاء لم يتعرض إلا لخسائر طفيفة . ولم يفقد من بين 105 مرسل من مرسلات التشويش ، التي كانت تعمل على طيران الحلفاء سوى ثلاثة .

في عام 1944 ، وبعد أن حصل الامريكان على معلومات عن مواصفات اشارات تجهيزات السطع الراديوي وتوجيه الصواريخ المعادية ، صمموا وانتجوا مرسلاً للتشويش الالكتروني نموذج 8 APK استطاعته حوالي 1 كيلووات . وتم تزويد 14 سفينة امريكية بهذا النموذج من مرسلات التشويش ، تلك التي ساهمت في عملية انزال النورماندي في حزيران عام 1944 وبعدها في جنوب فرنسا .

نفذت القوات المسلحة الالمانية الحرب الالكترونية عن طريق تشكيل التشويش الالكتروني وتنفيذ اجراءات التمويه الراداري باستخدام اهداف كاذبة ثابتة . واول مرة استخدم فيها التشويش الالكتروني ، كانت عام 1942 . ففي ليلة 12 شباط شكل الالمان تشويشاً الكترونياً ايجابياً ضد محطات الرادار البريطانية ، المتمركزة على الساحل الجنوبي للجزر البريطانية . وتهيأ ، على اثرها ، لعمال رادار المحطات أن هنالك عطلاًفنياً في الاجهزة وحاولوا اصلاحه . واستغل الالمان هذا الضياع الذي وقع فيه الانكليز فعمدوا الى توجيه بوارجهم « شارنخورست » ، « هنيزنهاو » والطراد الثقيل « برنتس ايغن » من القاعدة البحرية الحربية الفرنسية بريست ، المستولى عليها من قبل الالمان سنة 1940 ، خلال المانش الى بحر الشمال متجنبين التدمير من قبل الاسطول البريطاني ، الذي كان يحاصر هذه القاعدة منذ آذار عام 1941 .

في آب من عام 1943 ، باشر سلاح الجو الالماني تشكيل تشويش سلبي ضد محطات رادار الحلفاء اثناء غاراته على المواقع البريطانية وعلى السفن الراسية في شواطىء النورماندي . وكان يتم تشكيل التشويش السلبي من قبل اطقم الطائرات يدوياً باسقاط حزم من الاشرطة الممعدنة بفواصل زمنية تتراوح بين 5 و 10 ثانية ، ونتيجة لذلك لم تستطع محطات رادار الدفاعات الجوية البريطانية توجيه طائرات الطيران المطارد الى الاهداف الجوية .

تمكن التشويش الالكتروني ، المشكل من قبل الالمان منذ نهاية عام 1942 ، من الحد من امدية عمل انظمة الملاحة الراديوية الانكليزية القائسة للمسافة نموذج « جي » ، التي كانت تعمل ضمن المجال الترددي (20 ـ 85) ميغاهيرتز . استخدم الانكليز هذا النظام لتأمين الملاحة لسلاحهم الجوي والوصول الى منطقة الاهداف وتوجيه الضربات الجوية اثناء قصف مواقع الرور . ونتيجة لتأثير التشويش ، انخفض مدى عمل هذا النظام من (400 ـ 600) الى (150 ـ 160) كم ، ولم يستطع تأمين الدقة في وصول الطائرات الى اهدافها . لهذا بدأ سلاح الجو البريطاني منذ كانون الثاني عام 1943 استخدام محطات الرادار العاملة على اطوال الامواج 3 سم والتي تؤمن الدلالة عن الاهداف نموذج H- 2S اثناء الاغارة على المواقع الالمانية . وسمحت هذه المحطات بزيادة دقة إصابة القنابل الجوية . وبين عام 1944 ـ 1945 ، بلغت النسبة المئوية للغارات الجوية لطيران الحلفاء ، التي استخدمت فيها محطات رادار الكشف وتوجيه اسقاط القنابل ، بلغت ٪ 75 من مجمل غارات الحلفاء الجوية . واستخدمت هذه الطرق بشكل خاص اثناء الهجوم على مواقع فيها بحيرات وانهار ، حيث كانت الاخيرة تظهر شديدة الوضوح على شاشات الرادار . كانت الطائرات المزودة بمحطات الرادار تطير في مقدمة المجموعات الضاربة وتؤشر على الهدف بعد أن تمر فوقه بواسطة قنابل مضيئة .

وبهدف حماية المواقع الهامة عن الضربات الجوية الليلية ، التي كانت تقوم بها قوات الحلفاء ، باشر الالمان في عام 1944 انتاج وسائط تشويش الكتروني سلبي وايجابي ضد محطات الرادار الجوية . ومحطات التشويش البرية المنتجة في المانيا ، كانت قادرة على تشكيل تشويش الكتروني جوابي تمويهي وتضليلي . وعلى التوازي مع قيام الالمان بتشكيل تشويش ايجابي ، كانوا يقومون بتشكيل تشويش سلبي لحماية مواقعهم الهامة من الكشف الراداري والحد من دقة اسقاط القنابل المعادية الجوية عليها . ولهذا الغرض استخدمت العواكس الزاوية الراديوية على اشكال مكعبات تصل ابعادها الى عدة امتار . فعلى سبيل المثال ، استخدمت لمعادلة الصورة الرادارية للمطارات ومباني برلين بالمواقع التي كانت تُنشر فيها هذه العواكس ، التي كانت عبارة عن شبكات معدنية ذات مقاييس 10 x 10م .

في عام 1942 ، باشر الالمان بتمويه خليج هامبورغ عن الرؤية الرادارية والبصرية باستخدام العواكس الزاوية سوية مع الانشاءات الكاذبة . ولهذا الغرض تم تشييد منازل كاذبة تمويهية على مستنقعاته ، وهذه المنازل كانت مشابهة لاحياء اطراف المدينة . وكان الخط الساحلي المتشكل من المنازل والعواكس الراديوية متطابقاً مع خط الميناء . كما تم بناء جسر كاذب على الخليج . وساهمت هذه التدابير بتمويه وتغطية انشاءات الميناء عن الكشف الراداري وحمايتها من ضربات الطيران .

ولتمويه البحيرات عن الكشف الراداري ، التي كانت تقوم به محطات رادار الطائرات ، استخدموا ، في بادىء الأمر ، عواكس راديوية ذات سطحين متعامدين عاكسين ، ثبتوها على مواعين

خشبية طافية على سطح الماء . أما سطح الماء فكان يقوم مقام السطح العاكس الثالث . وكانت تظهر الاشارات على شاشات محطات الرادار ، المنعكسة عن هذه العواكس على شكل علامات لاهداف ارضية ثابتة ومستقرة .

ونظراً لأن اطقم الطائرات كانت تقوم باسقاط القنابل حسب الصورة الرادارية المتشكلة لا للمواقع ذاتها بل للاغراض التي حولها ايضاً ، نظراً لذلك ، دعت الحاجة لتمويه المنارات الرادارية وتشكيل اهداف كاذبة . وبهذا استطاعت العواكس الرادارية تغطية بحيرتي فيسنزي و ميوغليزي عن الكشف الراداري ، والطائرات التي كانت تستخدم كمنارات اثناء الغارات الجوية التي كان يقوم بها الحلفاء ضد برلين . كما سجلت حالات جرى فيها توجيه ضربات جوية ضد اهداف كاذبة ، مقلدة بواسطة عواكس زاوية راديوية . وجرى تنفيذ التمويه الراداري لتمويه القناطر والسدود وانشاءات الموانىء ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وبعض مدن المانيا .

ثانياً ـ الحرب الالكترونية على مسرح الاعمال القتالية في المحيط الهادي .

جرت على مسارح الاعمال القتالية في المحيط الهادي حرب الكترونية كثيفة . بدأت هذه الحرب منذ السابع من كانون الاول عام 1941 ، بعد الهجوم الجوي الذي قامت به مجموعات سلاح الجو الياباني ضد القاعدة البحرية الحربية الامريكية المتمركزة في بيرل ـ هاربور في جزر الهاواي .

استخدم الامريكان في مجرى الاعمال القتالية التي نشبت في المحيط الهادي ، كما في اوروبا ، التشويش الالكتروني السلبي والايجابي . وبما أن محطات الرادار اليابانية كانت تعمل على ترددات اخفض من تلك التي كانت تعمل عليها محطات الرادار الامريكية ، لهذا لم يتم تشكيل التشويش السلبي بواسطة عواكس راديوية نصف موجية ، بل بواسطة اشرطة طول كل منها 120 م مصنوعة من الالمنيوم المفضض . والاشرطة الطويلة التي كانت تسقط من الطائرات بواسطة مظلات صغيرة ، عكست طاقة الامواج الراديوية التي كانت تبثها محطات الرادار اليابانية بمختلف اطوال امواجها . وكانت كل قاذفة امريكية من طراز 29 ـ B تحمل حتى 270 كغ من هذه الاشرطة الممعدنة بالاضافة لما تحمله من مرسلات تشويش .

طارت القاذفات نهاراً بتشكيلات جوية مغلقة ، وكانت وسائط تشويش كل طائرة تكمل وسائط الطائرة الاخرى ، مشكلة مجتمعة غطاءً لكامل التشكيل الجوي ضد السطع الراداري . أما في

الليل فكانت الطائرات تطير ضمن تشكيلات متباعدة ، والمسافة بين كل طائرة وأخرى كانت تصل الى 1500 م ، ولهذا لم تكن تستطيع مجتمعة تشكيل غطاء متعاون ومشترك . لهذا وللحيلولة دون امكانية الكشف الراداري ، أستخدمت مرسلات تشويش خاصة ، كانت تطير في موازاة خطوط سير الطائرات القتالية مرتفعة عنها قليلاً .

وفي مراحل الهجوم (1943 ـ 1945) ، استخدم الامريكان منظومة سطع راديوي وتشويش ، لا من على الطائرات فحسب ، بل من العديد من السفن . فالمدمرات والغواصات امتلكت كل منها ثلاثة مستقبلات سطع راديوي بانورامية ومحلل للاشارات ومسدد راديوي ومرسلات تشويش . أمنت هذه المنظومة كشف واعماء محطات الرادار العاملة ضمن المجال الترددي الذي يتراوح بين 60 و12000 ميغاهيرتز . كما حمى التشويش الالكتروني السفن من نيران المدفعية الساحلية ومن ضربات الطائرات الحاملة للطوربيدات المزودة بمحطات الرادار . فعلى سبيل المثال ، في اكتوبر من عام 1944 واثناء المعارك التي جرت في الفيليبين ، تمكنت السفن الامريكية من اعماء محطات الرادار البحرية اليابانية بالتشويش التي كانت تعمل على السفن التي كانت تحاول الهجوم على الناقلات الامريكية المحملة بالجنود وتدميرها .

كما أُستخدم التشويش الالكتروني لاعماء محطات الرادار اليابانية المركبة على الطائرات المسلحة بالطوربيد ليلية الاستخدام ، والتي كانت تشكل خطراً كبيراً على السفن الامريكية . وبعد أن استطاع الامريكان التوصل لمعرفة مواصفات اشعاعات محطات الرادار المركبة على حاملات الطوربيد ، قاموا بتصميم وانتاج مرسلات تشويش مناسبة لذلك ، وركبوا 50 منها في خريف 1944 على السفن . ونتيجة تأثير التشويش لم يستطع طيارو الطائرات المسلحة بالطوربيد مراقبة الاهداف وكانوا إما يعودون ادراجهم أو يحوموا حول السفن لتجنب ضربات المطاردات الامريكية .

وقبل عدة ايام من الانزال الذي نفذ على جزيرة ليت ، قام الامريكان باكتشاف محطات الرادار اليابانية المتمركزة على جزر سولوي ومنيدناو ودمروها ، التي كانت تراقب حركات قواتهم . وفي خليج ليت ، قامت خمس سفن امريكية باصدار تشويش الكتروني تمكن من اعماء شاشات عرض محطات الرادار اليابانية البحرية المركبة على سفن ، كانت تحاول الهجوم على ناقلات الجنود الامريكية ، وبعدها اغرقوا هذه السفن بواسطة نيران المدفعيات البحرية التي كانت توجهها محطات الرادار .

واثناء الفترة الزمنية التي حاول فيها الامريكان الاستيلاء على مواطىء قدم في اليابان ، واثناء مجرى هجوم الامريكان على جزر اوكيناوا وايفادزيم (شباط ـ حزيران 1945) ، كانت مجموعات السفن الضاربة العاملة من على حاملات الطائرات مسلحة بمرسلات تشويش خاصة استخدمت

لدعم الانزال . أعمت وسائط التشويش الالكتروني السلبي والايجابي لهذه الطائرات محطات الرادار البرية والجوية اليابانية التي كانت تعمل على توجيه الطائرات الى حاملات الطائرات الامريكية . الى جانب ذلك ، كان الطيارون الامريكيون ينفذون مناورات لتفادي الدفاعات الجوية المعادية في كل مرة يكتشفون فيها محطات رادار عاملة أو كاشفات راديوية ، وعلى التوازي مع ذلك كانوا يقومون بتشكيل تشويش الكتروني سلبي . وعندها كانت محطات الرادار اليابانية تلاحق الغيوم المتشكلة من الاشرطة المعدنة الواقعة بعيداً عن الطائرات المغيرة بدلاً من ملاحقتها للطائرات نفسها .

واثناء التحضير والاعداد لعمليات الهجوم المقررة من قبل القوات الامريكية والبريطانية على اليابان في عام 1944 ، سمحت مستقبلات السطع الراديوي المركبة على الطائرات الامريكية بسطع منظومات السطع الراداري اليابانية واستخدمت التكتيكات اللازمة لاعمائها الكترونياً . ولزيادة فاعلية الاعماء الالكتروني لمحطات الرادار ، كانت القاذفات الامريكية تنفذ غاراتها ضد اليابان حتى صيف 1945 وهي مجهزة بمرسل أو مرسلين للتشويش وبمقدار من الاشرطة المعدنة يصل وزنها الى 250 كغ . واستخدمت مرسلات التشويش الخاصة نموذج 29 ـ Bالتي وصل عددها الى 18 ومستقبلات السطع الراديوية والمسددات الراديوية وتجهيزات تحليل المعلومات .

وسهل من مهمة تصميم وانتاج الامريكان والبريطانيون لمعدات الاعماء الالكتروني ، ما كان قد حصلوا عليه من معدات التكنيك الراداري الالمانية واليابانية عن طريق الاستيلاء . وكان يتم دراسة هذه المعدات بعد اصلاحها ويتم تحديد انظمة عملها وتردداتها العاملة وبالمقابل التوصل لافضل الطرق الناجعة لاعمائها من قبل التشويش الالكتروني السلبي والايجابي .

الباب الحادي والعشرون

الحرب الالكترونية في الحروب الاقليمية.

بترتيب مخططات

في مجرى الحروب الاقليمية التي قامت بها الدول الامبريالية ، إن كان في كوريا أم في فيتنام أم في الشرق الاوسط أم في الارجنتين ، دارت فيها ما يسمى « بمعارك الاثير » بين الوسائط الالكترونية الفنية ووسائط الاعماء الالكتروني ، وكانت هذه المعارك تؤمن نجاحات كبيرة للاعمال القتالية الجوية أو لقوات الدفاع الجوية أو للاساطيل البحرية الحربية أو للقوات البرية . وفي مجرى الحروب الاقليمية كان يتم تطوير عتاد الحرب الالكترونية وتكتيك استخدامه ، وزادت امكانيات خرق انظمة منظومات السطع والتوجيه المعادية وكانت تؤمن العمل الامين لمنظومات القوات هذه إن كان في مجال الطيران أو الاسطول البحري الحربي أو القوات البرية .

اولاً ـ الحرب الالكترونية في الحرب الكورية .

في الحرب الكورية (1951 ـ 1953) كانت تتم الحرب الالكترونية بتشكيل الطيران الامريكي للتشويش الالكتروني الايجابي والسلبي وبالاجراءات التي كانت تقوم بها منظومات الدفاع الجوي الكورية لحماية محطات رادارتها من الاعماء عن طريق التشويش وتنفيذ الاطراف المتصارعة عمليات الاستطلاع الالكتروني .

لم يختلف تكتيك ادارة الحرب الالكترونية في الطيران الامريكي ، كثيراً عن التكتيك الذي استخدمه الامريكيون والبريطانيون اثناء مجرى الحرب العالمية الثانية . وكان يفسر ذلك ، بأن الامريكان كانوا يتوقعون نصراً سهلاً في هذه الحرب ، لذلك كانوا يستخدمون وسائط التشويش الالكتروني القديمة ، التي استخدمت في الحرب العالمية الثانية لاعماء محطات رادار الانذار المبكر وتحديد الدلالة عن الاهداف وتوجيه الطيران والمدافع المضادة للطائرات . حيث لم يكن بعد قد تم استخدام الصواريخ المضادة للطائرات في كوريا .

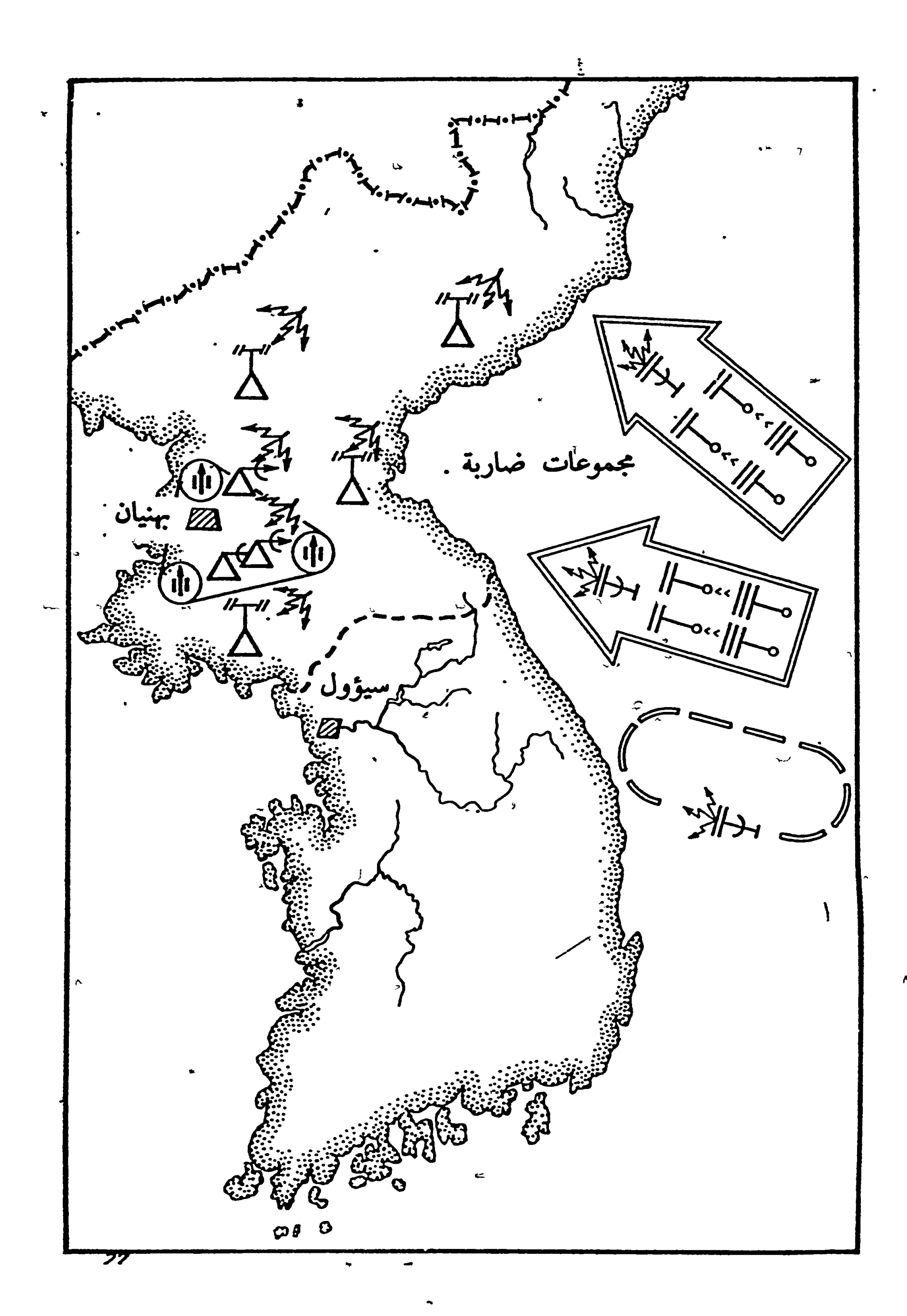
في عام 1951 ، وبعد أن اوقعت اسلحة المدفعية التابعة للدفاع الجوي والمطاردات ميغ ـ 15 الكورية خسائراً جسيمة بالطيران الامريكي القاذف ، بدأت القوات الامريكية تشكيل التشويش الالكتروني ضد محطات رادار منظومات الدفاع الجوي . وفي نفس الوقت كانوا يزيدون من ارتفاع طيران القاذفات من (2 ـ 3) حتى (7 ـ 8) كم . وكان يتم تشكيل التشويش الالكتروني من قبل الطائرات الاستراتيجية B ـ 29 وB ـ 50 والقاذفات المتوسطة B ـ 26 المجهزة بمرسلات تشكيل تشويش

الكتروني ايجابي ووسائط اسقاط حزم العواكس الديبولية الراديوية . فالقاذفات B ـ 29 التي كانت تنفذ طلعاتها الجوية ليلاً ، كانت تتوجه بواسطة محددات الاتجاه والتسديد الموجودة عليها وترشدها الى الاهداف البرية التي تبعد عن خط الجبهة بمسافة تتراوح بين 300 و 400 كم ومحطات الملاحة الراديوية وتسديد القنابل الجوية « شوران » ، والى الاهداف التي كانت تبعد بين 25 و 30 كم بواسطة محطات الرادار البرية 2 ـ MPQأو 584 ـ SCR .

وكانت اطقم القاذفات ، اثناء الطيران ، تقوم بتشكيل تشويش الكتروني ايجابي وسلبي ضد محطات رادار الكشف وتوجيه نيران المدفعية المضادة للطائرات . واثناء القيام بهجمات جوية كثيفة ضد اهداف واقعة ضمن اراضي جمهورية كوريا الديقراطية الشعبية ، كانت تطير في مقدمة المجموعات الضاربة أو ضمن تشكيلاتها طائرات خاصة لتشكيل التشويش نموذج 29 ـ Bأو 26 ـ Bوكانت تقوم بتشكيل تشويش ايجابي وسلبي ضد محطات رادار توجيه بطاريات مدفعيات الدفاع الجوي . وكانت الطائرات المخصصة للتشويش ، اثناء طيران المجموعات الضاربة ، تطير بالقرب من الأخيرة وهي تقوم باعماء محطات الرادار المنتشرة بالقرب من الساحل (انظر الشكل 22) . أما طائرات الحرب الالكترونية العاملة ضمن مجموعات التأمين فلم تخرج عادة الى مناطق عمل منظومة مدفعيات الدفاع الجوي ، وكانت تبقى على بعد 20 ـ 52 كم عن مواقع الضربات .

في البداية ، كان يتم تشكيل التشويش لاعماء محطات رادار الكشف الدائري ومحطات تسديد المدفعيةCOH – 3Kوبعدها لاعماء محطات رادار توجيه نيران بطاريات مدفعية الدفاع الجوي والبرجكتورات الراديوية .

في 12 ايلول عام 1952 واثناء الغارة التي قامت بها القاذفات 29 ـBعلى محطة توليد الطاقة الكهربائية « سوبون » ، استخدم العدو لاول مرة نوعي التشويش الالكتروني السلبي والايجابي ضد محطات الرادار العاملة على المجالين المتري والديسمتري للأمواج لاعماء محطات رادار الكشف البعيد وتأمين التسديد للمدفعية وكانت من نماذج سون ـ 3K و سون ـ 2B . كانت البرجكتورات الراديوية « راب ـ 50 » تقوم بمهمة البحث عن الاهداف الجوية وإنارتها ، وكان يجري اعمائها بالتشويش الايجابي ، الذي كانت تصدره محطات من نماذج 1 ـ APTو 2 ـ APTوبالتشويش السلبي المشكل من قبل إشرطة معدنة وحزم عواكس ديبولية وراديوية . اعاق هذا التشويش المشكل عمل محطات الرادار والبرجكتورات الراديوية ، اعاقة كبيرة ، على الاخص في المرحلة الاولى من الحرب ، حيث لم تكن اطقمها قد امتلكت خبرات كافية للعمل في ظروف التشويش . والتأثير الاكثر نجاعة للتشويش ، هو الذي كان يسلط على نظام بحث محطة التسديد المدفعي سون ـ 3E . وفي العديد



الشكل (22)

الحرب الالكترونية في الحرب الكورية . (1951 ـ 1953) .

من المرات عندما كان يؤثر التشويش على انظمة البحث في محطات الزادار العاملة على الامواج المترية ، كان يتم الانتقال للبحث عن الاهداف الجوية عن طريق انظمة الملاحقة ، التي تعمل في المجال السنتمتري .

أما التشويش الضجيجي ، الذي كانت تولده محطات تعمل على المجال المتري ، فكان يظهر على الشاشة على شكل علامات ذات مطالات اكبر بعدد من المرات من الضجيج الداخلي للمستقبل على طول خط لمعان الشاشة . وإذا كان مطال اشارة التشويش يزيد ب (3 ـ 4) مرات مطال الاشارة المفيدة ، عندها تصبح عملية تمييز الاهداف عملية مستحيلة . وعندما تكون زيادة قيمة مطال الاشارة المفيدة قليلة بالمقارنة مع اشارة الضجيج ، كانت مراقبة الطائرة ـ الهدف تحصل بسهولة وذلك حسب قمم الاشارات وحسب الاضائة الاكثر لمعاناً لنقاط معينة من الشاشة ، حيث كانت تقع علامات الاهداف الحقيقية . وكان هذا التشويش الضجيجي يظهر على شاشة المسح الدائري على شكل قطاع مضيء ، كان عرضه يتزايد كلما اقتربنا من الطائرات التي تحمل مرسلات تشويش تستخدم ضد محطات الرادار ، وكان العرض يصل في بعض الاحيان الى 300° وفي احيان اخرى 360° . ونظراً لامتلاك المخطط الاحداثي للهوائي على وريقات جانبية ، فأحياناً كان يلاحظ التشويش الضجيجي على عدة قطاعات من الشاشة . وكان يتم تشكيل التشويش السلبي باسقاط حزم من العواكس الديبولية الراديوية ، تحتوي كل منها على 10 ـ 12 شريط ممعدن طول كل واحد 25 ـ 30 م وعلى عدة مئات من الصفائح المفضضة النصف موجية . واثناء تنفيذه لغارات جوية كبيرة ، كان الطيران الامريكي عادة يشكل تشويشاً سلبياً عالي الكثافة ، الامر الذي كان يحول دون امكانية كشف ومراقبة الاهداف الجوية الواقعة على امدية تتراوح بين 30 و 40 كم .

واثناء مجرى الحرب نظمت قيادة القوات الجوية الكورية عملية التقاط المحادثات اللاسلكية ، التي كانت تدور في الوحدات والتشكيلات الجوية الامريكية . وسمحت نتائج هذه الالتقاطات للمحادثات اللاسلكية بمعرفة جاهزية طائرات العدو لتنفيذ الطلعات الجوية وتحديد عددها وتابعيتها ونماذجها وطبيعة مهماتها القتالية والاعمال التي ستقوم بها . الى جانب ذلك ، راقبت عمليات السطع الردايوي طرق عودة الطائرات من مناطق الاعمال القتالية ونتائج المعركة واستطاعت أن تلتقط البلاغات والمعلومات التي كانت ترسلها الطائرات وفضحت انظمة عمل منظومات توجيه الطيران .

وكانت تقوم بمهمة السطع الراديوي مراكز الالتقاط الراديوي (التنصت) ، التي كانت منتشرة بالقرب من خط الجبهة أو في مواقع توجيه الطيران المطارد . وفي كل مركز من مراكز السطع

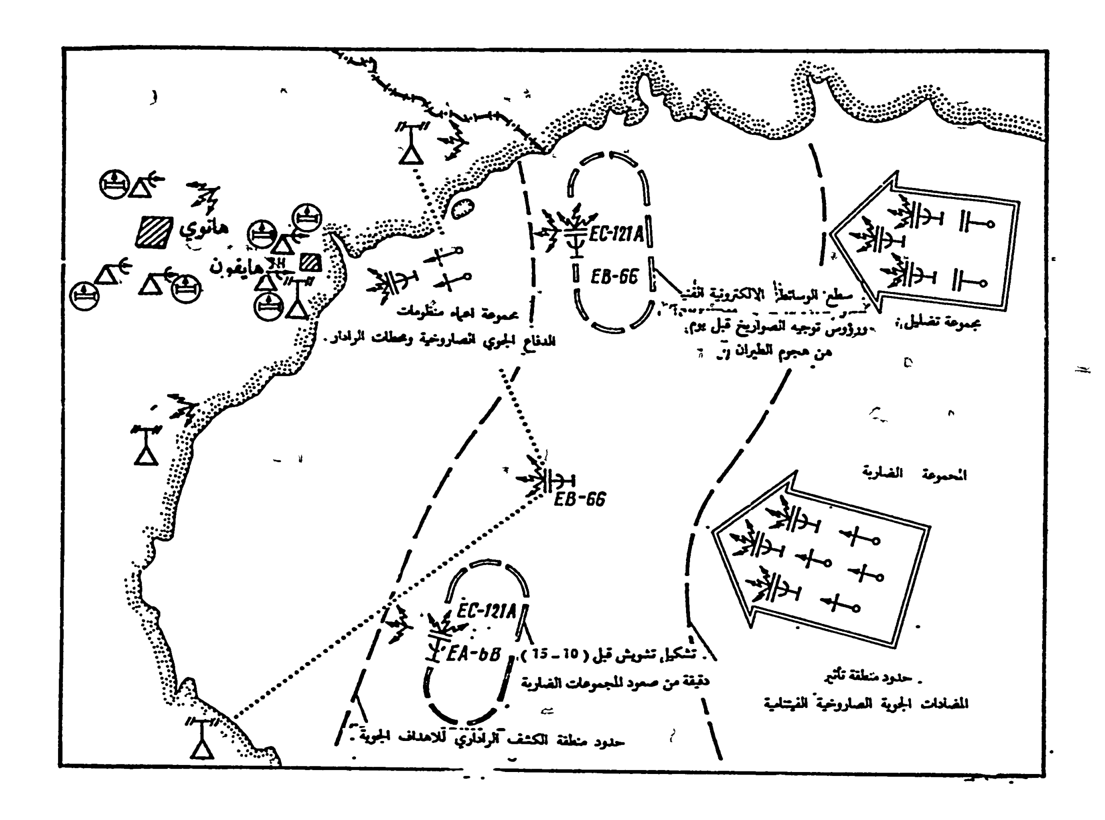
الراديوي ، استخدمت عدداً من المستقبلات (10 ـ 20) تعمل على الامواج القصيرة والقصيرة جداً ، وعدداً من آلات التسجيل وخريطة توقيع للاهداف الجوية .

وبما أن الولايات المتحدة نفذت الحرب الالكترونية ، اثناء خوضها الحرب الكورية ، مستخدمةً وسائط قديمة ، لذا فإن هذه الحرب لم تبد تأثيراً كبيراً على مجرى ونتائج الاعمال القتالية . وأحد الشواهد على ذلك ، هي الخسائر الجسيمة التي لحقت بالطيران الامريكي من قبل بطاريات الدفاع الجوي والطيران المطارد . وكان أن فقد المعتدون الامريكيون ومن ساهم معهم بالحرب ، خلال الحرب الكورية عدداً من الطائرات وصل الى 2200 .

ثانياً ـ الحرب الالكترونية في الحرب الفيتنامية .

جسب تحليل الصحافة العسكرية الغربية وطرق واساليب الحرب الالكترونية في حرب فيتنام ودرجة كثافة التشويش واحجام المعدات المستخدمة والتكنولوجيا التي استخدمت فيها وتكتيك ادارة الحرب ، يمكن تقسيم الحرب الالكترونية الى ثلاث مراحل (انظر الشكل 23) .

المرحلة الاولى . تمتد من آب عام 1964 (بداية الاعتداء الامريكي ضد جمهورية فيتنام الديمقراطية) حتى عام 1967 ضمناً . تميزت هذه المرحلة بالتنفيذ المحدود لاساليب الاعماء الالكتروني باستخدام وسائط قديمة . في هذه المرحلة ، سعت قوات الولايات المتحدة الامريكية الجوية لتدمير المؤسسات الصناعية وطرق سكك الحديد وطرق السيارات وخرق وتضليل انظمة الدفاع الجوي ، وادخال الرعب في نفوس سكان البلاد وقطع طرق امداد المساعدة العسكرية والاقتصادية لثوار جنوب فيتنام . وفي البداية ، استغل الطيران التكتيكي حقيقة سيطرته التامة على الجو ، لأنه لم يكن يوجد في جمهورية فيتنام الديمقراطية منظومات تسليح صواريخ دفاع جوي ، وقام بتوجيه ضربات دورية منظمة ضد المناطق السكنية ومراكز الدفاع الجوي ومواقع محطات الرادار على اراضي فيتنام . كانت الضربات توجه ، بشكل رئيسي ، نهاراً باستخدام مجموعات من الطائرات كان يصل عددها في كل غارة (40 ـ 50) طائرة ، التي كانت تتوجه الى اهداف لم تكن تمتلك اية حماية



الشكل (23)

الحرب الالكترونية اثناء هجمات الطيران الامريكي على مواقع في جمهورية فيتنام الديمقراطية .

باستخدام التشويش من على ارتفاعات تتراوح بين 5 الى 7 آلاف متر مخترقة التخوم العليا من المناطق التي تصل اليها نيران مدافع الدفاعات الجوية ذات الاعيرة الصغيرة .

ومنذ النصف الثاني من عام 1965 ، وعندما ظهر في عداد تسليح دفاعات فيتنام الديمقراطية اسلحة دفاع جوي صاروخية (صواريخ دفاع جوي موجهة) ، بدأ الطيران الامريكي يتكبد خسائر فادحة ولهذا كان مضطراً لتغيير تكتيكه والانتقال للعمل ضمن مجموعات صغيرة من الطائرات أو باسراب تتشكل من المطاردات والقاذفات تطير على الارتفاعات المنخفضة والمنخفضة جداً . إلا أن

العمل على ارتفاعات منخفضة لم يجلب له النجاح ، لأنه كان يتم تدمير الطائرات من قبل بطاريات مدفعية الدفاع الجوي والرشاشات الخفيفة . وبهدف رفع دقة توجيه القنابل الجوية والحد من الخسائر ، بدل الطيران الامريكي من تكتيك غاراته من جديد . وأصبحت المطاردات والقاذفات قبل (5 ـ 6) كم من مواقع الاهداف المقصودة ترتفع عالياً في الجو بشكل حاد حتى إرتفاع 4 كم وبعد اكتشاف الهدف كانت توجه ضرباتها وهي منقضة . وللحد من الخسائر التي كانت تسببها صواريخ الدفاع الجوي الموجهة ، لجأت الطائرات الى تنفيذ ما يسمى بمناورات التخلص من الدفاعات الجوية واستخدمت ايضاً وسائط الاعماء الالكتروني .

وانحصرت مهمة الحرب الالكترونية في بداية الأعمال القتالية بانذار اطقم الطائرات الضاربة وطائرات الاستطلاع عن تعرضها لاشعاعات رادارية . ولهذا الغرض استخدمت تجهيزات الانذار ومستقبلات الكشف ومحطات السطع الراديوي . واستخدمت على طائرات السلاح الجوي F ـ 105D ، F – 4C ، F – 100 ، EB – 66C المستقبلات الراديوية APR ـ 25 ، APR ـ 26 أما طائرات القوى البحرية A – 4C ، A – 4A ، A – 4H و EC – 121A فاستخدمت المستقبلات الراديوية 23 ـ APR و 27 ـ APR. سمحت هذه الوسائط كشف الاشعاعات الرادارية المسلطة على الطائرات وكانت تقوم بتحذير اطقمها ، وتراوحت ترددات المجالات العاملة لهذه المحطات بين 200 و 10000 ميغاهيرتز . ولاحقاً استخدمت بعض الطائرات محطات رادار متطورة من نماذج 105 ـ APS و 107 ـ APS أمنت كشف الاشعاعات الرادارية وتحليلها والتسديد على الوسائط الالكترونية الفنية وانذار الاطقم عن هذه الاشعاعات المسلطة على الطائرات وتحديد الاهمية التكتيكية للوسائط المكتشفة وتحديد احداثياتها وتوجيه الطائرات الى مناطق انتشارها واطلاق صواريخ مضادة للرادارت .

استخدمت القاذفات الاستراتيجية طراز 52 ـ B المستقبلات الراديوية البانورامية 20 ـ ALR ذات انظمة الكنس الالكتروني . والاخيرة سمحت بمسح قطاع واسع من الترددات ، كانت تعمل عليه محطات رادار قوات الدفاع الجوي . كانت هذه المستقبلات تلتقط اشعاعات محطات الرادار العاملة ضمن ست مجيلات (مجالات فرعية) تراوحت بين (30 و 10900) ميغاهيرتز في نفس الوقت ، وتوجيه الاعمال المعاكسة التي كانت تقوم بها مرسلات التشويش .

في هذه المرحلة ، كان قد تم تسليح 4000 طائرة امريكية بالمستقبلات الراديوية التي كانت تقوم بمهام الكشف والانذار . الى جانب الطائرات العادية ، أستخدمت الطائرات بدون طيار من طراز 34 ـ AQM لعمليات السطع الجوي . وكانت هذه الطائرات تنفذ مهامها نهاراً على ارتفاعات عالية وصلت احياناً الى 12 كم وبعدها كانت تهبط الى ارتفاعات منخفضة وصلت احياناً الى 500 م .

والى جانب استخدام انظمة الانذار عن الاشعاعات الرادارية المسلطة والسطع الالكتروني ، بدأت الطائرات الاميركية استخدام وسائط التشويش الالكتروني . ففي عام 1965 جرى بشكل متسرع إنتاج 50 مرسل تشويش ضجيجي من نماذج 1 ـ 160 ـ QRC و 2 ـ 160 ـ QRC تعمل ضمن المجالين الترددين 1550 ـ 5200 و 8500 ـ 10200 ميغاهيرتز وشحنت سريعاً الى فيتنام حيث ركبت هنالك على الطائرات المطاردة ـ القاذفة .

وفي هذه المرحلة ، كان يقوم بتغطية مجموعات الطيران التكتيكي ، التي كانت تتشكل من (30 ـ 40) طائرة اثناء توجيهها لضربات جوية ضد المواقع الفيتنامية ، طائرات من نموذج EB – 66C كانت تشكل التشويش خارج حدود أمدية نيران الدفاعات الجويه . وكل طائرة كانت تستخدم (4 ـ 5) مرسلات تشويش ضجيجي تعمل على الامواج السنتمترية والديسمترية من نماذج 15 ـ ALT و 16 ـ ALT و 18 ـ ALQ و QRC – 279A والرشاشات 25 / 24 ـ ALE و خمسة مستقبلات سطع راديوي 9 ـ APR و 14 ـ APR و 25 ـ APR و 26 ـ APR والمسدد الراديوي 6 ـ ALA ومحللات الاشارات الراديوية 74 – APA وسمحت هذه الوسائط القيام بالسطع الراديوي واعماء الوسائط الالكترونية الفنية وانذار الاطقم عن الاشعاعات الرادارية الملتقطة ومراقبة فاعلية التشويش . وكانت الطائرات طراز EB – 66C بالاشتراك مع الطائرات طراز EC – 121A وقبل تنفيذ الغارات الجوية ضد المواقع الفيتنامية ، تقوم باعمال الدورية على طول الساحل وفوق مضيق توتكينسك بارتفاع يقارب ال 2 كم ، واثناء ذلك تقوم بكشف محطات الرادار العاملة بواسطة منظومات السطع الراداري وتحدد التوقيتات التي تنطلق منها الصواريخ المضادة للطائرات وتعلم بذلك الطائرات الضاربة عن طريق الراديو . والطائرات الاخيرة بعد استلامها هذه المعلومات ، تباشر المناورة محاولةً الخروج من قطاعات تدمير صواريخ الدفاعات الجوية . وفي نفس الوقت كان قسم من الطائرات يوجه ضربات ضد محطات الرادار المكتشفة ومحطات توجيه صواريخ الدفاعات الجوية .

وبغض النظر عن التسليح الكثيف لطائرات الحرب الالكترونية بوسائط الاعماء الالكترونية ، فإنها لم تستطع ذاتياً أن تعمي محطات رادار توجيه منظومات صواريخ الدفاعات الجوية بكفاءة عالية . لذلك اضطر الامريكان على اتباع طائرة أو طائرتين تحمل وسائط تشكيل تشويش الكتروني لكل مجموعة ضاربة من الطائرات وكانت هذه الوسائط تُحمَّل في الامكنة المخصصة للذخيرة القتالية . ومع ذلك لم يتفاد الامريكان الخسائر الجوية الكبيرة التي كانوا يتعرضون لها . ولهذا وابتداءً من عام 1966 نحوا الى تخفيض عدد الطائرات في كل مجموعة ضاربة الى 6 طائرات ، احداها كانت تحمل حاويات تحتوي على وسائط تشويش بدلاً من القنابل الجوية . إلا أنه وكما اثبتت تجارب وخبرات الاعمال

القتالية لم تستطع طائرة واحدة بما تحتويه من وسائط تشويش من تغطية حتى تلك المجموعات الضاربة الصغيرة . وكمخرج من هذا الوضع المتشكل لجأت قيادة القوات الجوية الامريكية الى اتخاذ قرار بتركيب وسائط الاعماء الالكتروني على كل طائرة مقاتلة تكتيكية . وجرت اكثر الاعمال حجماً لهذا الغرض في عام 1965 ، بعد أن فقد الامريكان طائرتين من الطائرات المطاردة ـ القاذفة طراز F ـ 105 اللتان اسقطتهما طائرات من طراز ميغ ـ 17 وايضاً نظراً للمباشرة باستخدام صواريخ الدفاع الجوي في قوات الدفاع الجوي الفيتنامية .

في عام 1966 ، اعيد تسليح قسم من المطاردات ـ القاذفات لتصبح طائرات حرب الكترونية بتركيب محطات تشويش لاعماء محطات رادار توجيه منظومات الصواريخ المضادة للطائرات ورشاشات اسقاط حزم من العواكس الديبولية الراديوية ومنظومة استطلاع راديوي عليها . وكانت هذه الطائرات تعمل من مناطق توجيه الضربات وتطير ضمن تراتيب قتالية لتغطي اعمال الطيران الضارب . وجرى تطوير تكتيك استخدام هذه الطائرات بعد تزويدها بوسائط الاعماء الالكتروني . وأصبحت الطائرات المزودة بوسائط تشويش الكتروني تنفذ طلعاتها في تراتيب متماسكة ، الامر الذي سمح بتغطية جيدة لمجموعات الطائرات الضاربة . وزادت كثافة تشكيل التشويش السلبي لاعماء محطات رادار الكشف والدلالة عن الاهداف وتوجيه المطاردات ومحطات توجيه منظومات صواريخ الدفاعات الجوية . ولهذا الغرض كان يتم اسقاط حزمة أو حزمتين من العواكس الديبولية الراديوية لاعماء محطات رادار كشف الاهداف الجوية واعطاء الدلالة عن الاهداف لوسائط الدفاع الجوي وحزمتين أو ثلاثة لاعماء محطات توجيه صواريخ الدفاعات الجوية ومحطات تسديد المدفعية المضادة للطائرات والمسددات الرادارية للمطاردات . وكانت مجموعات الطيران التكتيكي تشكل التشويش السلبي بقطاع يبلغ عرضه حتى 3 كم وعمقه عدة عشرات من الكيلومترات .

المرحلة الثانية (1967 ـ 1968) . استخدمت فيها الطائرات الامريكية وسائط اعماء الكتروني اكثر تطوراً . حيث استخدم الطيران الامريكي المحطة المركبة في حاوية 72 ـ ALQ لتشكل التشويش الضجيجي المعدل بتردد مسح هوائي محطة رادار الالتقاط والتي كانت تستخدم ايضاً لتوجيه المطاردات . واستخدمت بعض المطاردات ـ القاذفات واحدة أو اثنتين من المحطات 71 ـ ALQ 72 ـ ALQ 87 ـ ALQو 101 ـ ALQ المركبة في حاويات لتشكيل تشويش تمويهي وتضليلي ضمن المجالات 3 ـ 5 و 10 سم ومستقبلات الكشف 25 ـ APR 26 ـ APRومحطات السطع الراديوي 17 ـ ALR القادرة على كشف اشعاعات الوسائط الالكترونية الراديوية ضمن مجالات الامواج السنتمترية والمترية .

في هذه المرحلة ، بدأت الولايات المتحدة انتاج نموذج جديد من المحطات هو 100 ـ ALQ

قادرٌ على تشكيل تشويش ضجيجي وتقليدي لقطع دارات الملاحقة الاتوماتيكية لمحطات رادار توجيه صواريخ الدفاعات الجوية الموجهة . ومنذ حزيران عام 1967 تم تسليح جميع الطائرات الضاربة تقريباً بمحطات تشويش . واصبحت طائرات الحرب الالكترونية تقوم بتشكيل تشويش كثيف صادر عن مرسلات التشويش العاملة على الامواج الديسمترية والمترية والسنتمترية والتي كانت مخصصة لاعماء محطات رادار السطع وتأمين الدلالة عن الاهداف وتوجيه صواريخ الدفاعات الجوية ، وبلغ عدد هذه المرسلات من 12 الى 15 مرسلاً في كل طائرة ، كما سُلحت كل طائرة بآليتي رماية للعواكس الديبولية الراديوية وبالمصائد وتجهيزات للاعماء الالكتروني مختلفة الانواع والاغراض .

فعلى سبيل المثال ، استخدمت الطائرات طراز EA – 6A انترودور محطات تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية نموذج ALQ – 92 ومحطة تشكيل تشويش الكتروني ضجيجي وايجابي نموذج ALQ – 31 ALQ – 71 ALQ – 76 لاعماء محطات الرادار ، والرشاشات نموذج 32 – ALE ومستقبلات الكشف APR – 25 ومحطة السطع الراديوي ALR – 15 وكانت هذه الطائرات تقوم باعمال دعم طائرات الاغارة والمطاردات التكتيكية ، التي كانت تتلخص بالقيام بالاستطلاع وتشكيل تشويش الكتروني ضد وسائط الدفاع الجوي الالكترونية الفنية .استخدمت الطائرات EA – 6B براولر محطات التشويش الضجيجي والتضليلي ALQ – 100 لاعماء محطات الرادار ومحطات التشويش ALE – 29 ضد الاتصالات اللاسلكية والرشاشات ALE 29 لاسقاط العواكس الديبولية الرادارية والمصائد الحرارية ومرسلات تشويش صغيرة الحجوم .

كما استخدمت هذه الطائرات المحطة ALQ – 86 التي كانت تؤمن كشف الاشارات الراديوية والتقاطها وتحليلها ضمن مجال ترددي عريض واصدار المعلومات عن مواصفات الوسائط الالكترونية الفنية الملتقطة ومواقعها على جدول زمني حقيقي .

كان يتم تحليل الوضع الراداري (الصورة الرادارية) وتوجيه وسائط الاعماء الالكتروني المركبة على الطائرات من قبل حاسوب الكتروني رقمي . شكلت المحطة ALQ – 92 تشويشاً ضد شبكات الاتصالات اللاسلكية الجوية العاملة على الامواج القصيرة جداً . أما المحطة ALQ – 99 فكانت تصدر تشويشاً ضجيجياً تمويهياً تسديدياً وحاجبياً ضد محطات رادار الكشف البعيد والتوجيه ، والمحطة ALQ – 100 كانت تقوم بتشكيل تشويش تمويهي وايجابي ضد محطات رادار توجيه منظومات الدفاعات الجوية الصاروخية العاملة على الامواج السنتمترية والديسمترية والمترية . وحسب تأكيدات الصحافة العسكرية ، سمحت وسائط الاعماء الالكتروني الجوية اعماء الوسائط الالكترونية الفنية ذات امكانية تغيير التردد العامل السريعة والعاملة ضمن مجال ترددي عريض .

استخدمت حاملات طائرات الاسطول البحري الامريكي السابع ـ الذي شارك في العدوان

ضد الشعب الفيتنامي - الى جانب الطائرة EA – 6B (3 ـ 4) طائرة على كل حاملة طائرات) ، الطائرات المغيرة A ـ 4 A ـ 6 A ـ 7 والمطاردات القاذفات F ـ 4 وجميعها مزودة بوسائط حرب الكترونية .

إن توسيع مدى استخدام الحرب الالكترونية وزيادة كثافتها وكمية الطائرات التي كانت تقوم بتأمين ذلك ، هذا جميعه سمح للطيران الضارب ، ابتداءً من عام 1967 ، أن يتوخى الاهداف وهو يطير على ارتفاعات متوسطة تراوحت بين 3 الى 5 كم . ونتيجة لهذا تحسنت ظروف اكتشاف الاهداف وزاد قطر عمل الطائرات وانخفضت امكانية تعرضها لنيران الدفاعات الجوية المدفعية ذات

العيار الصغير والرشاشات ذات العيار الكبير . كما تعرض تكتيك استخدام الطيران الامريكي لتغييرات كبيرة . وكانت الطائرات EB – 66E و EC – 121A تقوم بالسطع الاولي وتحدد مواصفات الاشعاعات الملتقطة ومواقع الوسائط الالكترونية الفنية التابعة لمنظومات صواريخ الدفاع الجوي ، وذلك قبل أن تقوم بتوجيه ضرباتها ضد الاهداف المحمية من قبل منظومات صواريخ الدفاع الجوي .

وحسب نتيجة تحليل المعلومات الواردة ، كان يتم تحديد وسائط الاعماء الالكتروني الواجب اشتراكها مع المجموعة الضاربة وطرق الاعماء الالكتروني للوسائط الالكترونية الفنية وتكتيك اعمال الطيران . وعادة كان يدخل في عداد كل مجموعة ضاربة ، الى جانب طائرات القصف ومطاردات التغطية المزودة بمنظومات الاعماء الالكتروني المخصصة للحماية الذاتية ، طائرات حرب الكترونية . وهذه المجموعة وبغرض تحييد انظمة الدفاع الجوي ، كانت تشكل التشويش وتوجه ضربات بواسطة الصواريخ المضادة للرادارات ضد مواقع محطات الرادار ومنظومات صواريخ الدفاع الجوي المعادية . وبغرض

تضليل انظمة السطع الراداري للدفاعات الجوية ، لجأوا الى الاستخدام الكثيف لمجموعات طائرات التضليل والتمويه . وكانت الطائرات تنفذ الهجمات خلال وقت قصير جداً من اتجاهات مختلفة على المناطق الخاضعة للكشف الراداري بغرض اشغال الاطقم القتالية لمنظومات الدفاعات الجوية الصاروخية والمدفعية . واثناء الغارات الجوية ، كانت تخصص قوى كبيرة للصراع ضد منظومات الدفاعات الجوية الصاروخية والمدفعية وتستخدم مختلف الاساليب والمناورات لتجنبها .

واثناء فترة تنفيذ الضربات ، كانت تنفذ عادة والطائرات تقع على ارتفاعات منخفضة أو تسير مع تعرجات الارض . وقبل أن تصل الى اهدافها كانت الطائرات تأخذ بالارتفاع وتوجه الضربات في الوقت الذي فيه كانت تصدر تشويشاً الكترونياً ايجابياً وسلبياً ضد محطات الرادار ، كما كانت تستخدم الاهداف الكاذبة . والى جانب التشويش ضد محطات الرادار ، الذي كانت تشكله الطائرات الضاربة ، كانت تقوم مجموعات مشكلة من (2 ـ 3) طائرة EB – 66E بتشكيل هذه الانواع من

التشويش وهي تطير على ارتفاعات (8 ـ 9) كم ولكنها تبقى خارج منطقة تأثير وسائط الدفاع الجوي .

وبغض النظر عن تكتيك الاعمال القتالية وكثافة استخدام وسائط الاعماء الالكتروني ، لاقى سلاح الجو الامريكي مقاومة جادة وعنيفة من قبل قوات الدفاع الجوي وتكبد خسائر جسيمة من الطائرات والاطقم البشرية ولم يحقق اهدافه المخططة وأجبر على ايقاف غاراته الجوية ضد اهداف جمهورية فيتنام الديمقراطية في تشرين الاول عام 1968 . وبعد ذلك تتابعت طلعات الطيران ، لكن هدفها الرئيس كان عمليات السطع ، وكان يتم تأمين اعمال طائرات السطع بواسطة وسائط الاعماء الالكتروني ، الموجودة على نفس الطائرات ، وطائرات الحرب الالكترونية ، التي كانت تعمل من مناطق خارج نطاق امدية الدفاعات الجوية الفيتنامية .

المرحلة الثالثة . بدأت هذه المرحلة من النصف الثاني لعام 1970 ، حينما بدأ الطيران الامريكي ينفذ غاراته على هانوي ، هايغون وغيرهما من المدن ، وعلى المناطق الجنوبية لجمهورية فيتنام الديمقراطية ، وحتى نهاية العدوان الامريكي على فيتنام (كانون الثاني عام 1973 ، حينما اضطرت الولايات المتحدة الامريكية توقيع الاتفاقية القاضية بسحب قواتها) . في هذه المرحلة بوشر

بالاستخدام الكثيف والواسع لوسائط الاعماء الالكتروني لتأمين اعمال مختلف صنوف الطيران ، الذي شارك بعمليات الاستطلاع وتوجيه الضربات النارية . ولم يقم الطيران بأي نوع من الاعمال دون تغطية التشويش الالكتروني واستخدام الاهداف الكاذبة . ودائماً كان يتزاوج عمل الطيران التكتيكي ضد المناطق ذات الدفاعات الجوية القوية ، باعمال مجموعات اعماء محطات الرادار وانظمة الدفاعات الجوية الصاروخية والمدفعية . كانت المجموعات الضاربة تتألف عادة من (3 ـ 4) رفوف من

الطائرات المطاردة ـ القاذفة 105 ـ F تطير متوجهة الى اهدافها تحت تغطية 12 ـ 18 واحياناً 30 طائرة من طراز F – 4G وفي كل طائرة من طائرات المجموعة الضاربة كان هنالك ، الى جانب الست قنابل جوية التي تزن كل منها 340 كغ ، حاوية معلقة تحتوي على منظومة سطع وتشويش ضد الوسائط الالكترونية الفنية . وفي مجموعات اعماء انظمة الدفاع الجوي ، كان هنالك (8 ـ 10) طائرات F – 4G مسلحة بوسائط اعماء الكتروني وصواريخ « شرايك » وقنابل جوية شديدة الانفجار وكاسيتات تحتوي على قنابل كروية .

ولاعماء محطات رادار الكشف البعيد وتأمين الدلالة عن الاهداف والتوجيه ، استخدم الامريكان طائرات 66 ـ EB أو EA – 6B العاملة ضمن القطاعات التي كانت تنقض فيها المجموعات الضاربة باتجاه الاهداف ، هذا الى جانب وسائط التشويش الالكتروني الموجودة على الطائرات

الضاربة . بهذا الشكل كانت اعمال ال (12 ـ 18) طائرة من المجموعة الضاربة ، تؤمن بعدد من الطائرات مقداره 40 طائرة ، أُستخدمت لاعماء محطات الرادار ومنظومات الدفاعات الجوية الصاروخية والمدفعية وتغطية الطائرات المطاردة .

في عام 1970 ، سجلت حالات استخدمت فيها طائرات حرب الكترونية ، هي عبارة عن طائرات مطاردة ـ قاذفة طراز 111 ـ Fتم تحويلها الى طائرات حرب الكترونية ، وكانت هذه الطائرات تعمل من مناطق تبعد من 150 ـ 200 كم عن مواقع محطات الرادار . وكانت هذه الطائرات مزودة بمحطات مركبة في حاويات ، شكلت تشويشاً ايجابياً وضجيجياً ضد محطات الرادار العاملة ضمن اطوال الامواج (3 ـ 5) و 10 سم .

أما المجموعات الضاربة التي كانت تقوم بتنفيذ غارات كبيرة ضد الاهداف الهامة والتي كان يصل عدد الطائرات في كل منها الى 32 طائرة فتمت حمايتها بالتشويش المشكل من قبل طائرات الحرب الالكترونية ومن قبل الطائرات الضاربة وايضاً السفن العاملة في خليج تونكينسك . عملت الطائرات EB – 66E وEA – 6Aمن قطاعات تبعد من 70 الى 120 كم عن الساحل (من خارج مناطق امدية الدفاعات الجوية) أو ضمن التراتيب القتالية للطيران المهاجم . كانت هذه الطائرات تقوم بكشف الوسائط الالكترونية الفنية وتشكل التشويش الضجيجي والايجابي التضليلي والسلبي

ضد محطات رادار الكشف وتأمين الدلالة عن الاهداف وتوجيه اسلحة الصواريخ والمدفعية المضادة للطائرات والطيران المطارد . واختصت كل (2 ـ 3) طائرة بالعمل ضمن منطقة ابعادها 20 x 100كم من على ارتفاع (6 ـ 10) كم ، كانت تباشر بتشكيل التشويش قبل عدة دقائق من انطلاق المجموعات الضاربة . واحياناً كان يقوم بتشكيل التشويش طائرات الحرب الالكترونية على اتجاهين في الوقت نفسه . فعلى سبيل المثال ، من اراضي لاووس باتجاه خليج تونكينسك . وبهدف إنهاك انظمة الدفاع الجوي ، كان الطيران الامريكي يبدأ بتشكيل التشويش ، احياناً ، قبل عدة ساعات من توجيه الضربات الجوية .

منذ نيسان عام 1972 ، وبهدف اعماء محطات الردار ، بوشر باستخدام الطائرات 4 ـ F 105 ـ Fباعداد كبيرة وكانت مجهزة بوسائط اعماء الكتروني متطورة مركبة في حاويات . وكانت كل طائرة تعلق عدداً من الحاويات يصل الى اربع ، في كل منها محطتا تشويش الكتروني . واثناء الغارات الكبيرة ، التي كانت تقوم بها المجموعات الضاربة ، وصلت نسبة طائرات تأمين الحرب الالكترونية في بعض الحالات من (1,5 ـ 2) مرة من عدد الطائرات الضاربة .

وعندما كانت تقوم بالاعمال مجموعات صغيرة من الطائرات التكتيكية ، كانت كل طائرة تقوم

بتشكيل التشويش بواسطة وسائطها الخاصة اثناء زمن اقترابها من الاهداف واثناء انسحابها عنها . وكانت تقوم بتشكيل التشويش من التراتيب القتالية (2 ـ 3) طائرة حرب الكترونية وجميع الطائرات الضاربة للحماية الفردية والتغطية المشتركة للطائرات ، العاملة في عداد المجموعة الضاربة . كان يتم تشغيل محطات التشويش ، عادة ، من على مدى عدة عشرات من الكيلو مترات من مواقع تمركز منظومات الدفاع الجوي الصاروخية وذلك بعد اكتشاف الطائرات من قبل محطات الرادار البرية ، واحياناً لتحقيق المفاجأة ـ بعد كشف اطلاقات صواريخ دفاع جوي باتجاه الطائرات .

وحسب ما اعترف به الاخصائيون الامريكيون ، فإن غارات مجموعات الطيران التكتيكي الكبيرة حتى وهي مغطاة بوسائط الاعماء الالكتروني وباستخدام مجموعات اعماء منظومات الدفاعات الجوية ومجموعات تمويهية ، لم تعط النتائج المتوخاة منها ، بسبب قوة التأثير المعاكس لأنظمة الدفاع

الجوي الفيتنامية . بدأ المعتدون الامريكيون بهدف رفع كفاءة وكثافة ضرباتهم الجوية ، بدأوا منذ نيسان 1972 حتى كانون الثاني عام 1973 ، يستخدمون قاذفاتهم الاستراتيجية 52 ـ Bلتوجيه ضربات ضد اهم المناطق في جمهورية فيتنام الديمقراطية . احتوت كل طائرة على (8 ـ 10) محطة

تشويش ايجابي ALT – 6B ALT ـ 13 ALT ـ 15 ALT ـ 22و ALT ـ 31 بهدف اعماء محطات الرادار العاملة ضمن اطوال الامواج (3 ، 6 ، 10) سم وعلى رشاشين ALE ـ 25 26 ـ ALEوحوالي 1000 حزمة من العواكس الديبولية الراديوية وعلى (3 ـ 4) محطة سطع راداري نموذج ALR ـ 18 ALR ـ 19 ALR ـ 20 وكانت مستقبلات الكشف تحذر الاطقم عن الاشعة الرادارية الملتقطة والمرسلة من المطاردات أو محطات توجيه صواريخ الدفاع الجوي .

عادة وقبل (10 ـ 15) دقيقة من وصول القاذفات الاستراتيجية B – 52الى اهدافها ، كانت مجموعة من الطائرات المطاردة ـ القاذفة التكتيكية (2 ـ 4) طائرة ، توجه ضربات ضد مواقع الوسائط الالكترونية الفنية و انظمة الدفاع الجوي الصاروخية تحت حماية التشويش الالكتروني الايجابي . المشكل من قبل وسائط الطائرات التكتيكية الضاربة وطائرات الحرب الالكترونية EB – 66من مسافات كبيرة عن الاهداف . وقبل عدة دقائق من توقيت وصول المجموعات الضاربة الى

اهدافها ، كانت مجموعات طائرات التأمين تقوم برمي اعداد كبيرة من العواكس الديبولية الراديوية . وبعد اعماء انظمة الدفاع الجوي ، كان يصل الى موقع الضربة رف من نسق القاذفات B – 52 ليشكل تشويشاً الكترونياً كثيفاً ضد محطات الرادار . واحياناً كانت طائرات التغطية توجه ضربات من على ارتفاعات منخفضة ضد مواقع الدفاعات الجوية الصاروخية ومحطات الكشف ، وفي نفس الوقت تشكل تشويشاً ضد محطات رادار انظمة الدفاع الجوي .

وعلى الرغم من التغطية القوية للقاذفات B – 52 إلا انها تكبدت خسائر كبيرة . فخلال الفترة الواقعة بين 18 و 29 تشرين الثاني من عام 1972 فقط ، استطاعت انظمة الدفاعات الجوية الصاروخية والطيران المطارد لجمهورية فيتنام الديمقراطية تدمير 17 طائرة B – 52 نظراً لذلك ، بدأوا يجهزون القاذفات الاستراتيجية بوسائط ومحطات تشويش الكتروني ضد محطات رادار متطورة ،

تتميز بامكانية تغيير التوليف السريع بالتردد وضمن مجال ترددي عريض وايضاً بمحطات تشويش راديوي ضد الاتصالات العاملة على الامواج القصيرة جداً والتي كانت توجه الطيران المطارد . كما باشروا بتسليح طائرات الطيران الاستراتيجي بمصائد ـ صاروخية نموذج « كويل » ، مخصصة لتضليل انظمة الدفاع الجوي .

في فيتنام والى جانب محطات التشويش الذاتية ، زود الامريكيون طائراتهم احياناً بمرسلات تشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة ، كانت عندما ترتطم بالارض يتم تشغيلها اتوماتيكياً وتشكل تشويشاً ضد محطات الرادار أو الاتصالات العاملة على الامواج القصيرة جداً . وكان يتم توجيه المرسلات ذات الاستخدام لمرة واحدة من على بعد عن طريق الراديو الموجود في الطائرة . وعلى التوازي مع استخدام التشويش الايجابي والسلبي ، استخدم الطيران الامريكي اهدافاً كاذبة حرارية ورادارية والطائرات بدون طيار .

وللحفاظ على الامن في ظروف الحرب الالكترونية ، اعارت قوات الدفاع الجوي الفيتنامية اهتماماً كبيراً لاعمال التمويه وحماية الوسائط الالكترونية الفنية من الاعماء الالكتروني والتدمير من قبل الصواريخ ذات التوجيه الذاتي . وكان يتم تأمين التمويه الالكتروني بالتقيد التام بقواعد التخاطب اللاسلكي والحد من ازمنة تشغيل الوسائط الالكترونية الفنية وتخفيض استطاعات الارسالات والعمل على عدة ترددات وتبديل مناطق الانتشار والقيام باعمال التضليل الراديوي وغيرها من التدابير .

أما محطات توجيه الصواريخ فكانت تموه عن السطع الراداري ، بتشغيلها على نظام الارسال قبل اطلاق الصواريخ المضادة للطائرات فقط . وكان هذا الامر ممكناً بفضل التخفيض الحاد لزمن ارسال المعلومات عن احداثيات الاهداف الجوية الصادرة عن محطات الكشف البعيد وتأمين الدلالة عن الاهداف . كما تم التحكم بزمن توجيه الصواريخ الى اهدافها ، حسب معطيات الدلالة عن

الهدف ، حتى اصبح اصغرياً . الى جانب ذلك ، كانت انظمة صواريخ الدفاع الجوي ومحطات الرادار تُغيّر امكنة تمركزها بعد كل غارة جوية . وكان يتم نشر وسائط الدفاع الجوي بشكل سري وخلال زمن قصير ، على المسارات المتوقعة للطيران المعادي اثناء تنفيذ غاراته . وبفضل جميع هذه التدابير تم الحد من امكانية الانفضاح والاعماء الالكتروني لانظمة دفاع فيتنام الديمقراطية الجوية .

وكان مجموع ما خسره الاعداء ومساعديهم فوق اراضي جمهورية فيتنام الديمقراطية 4125 طائرة من مختلف الانواع والنماذج

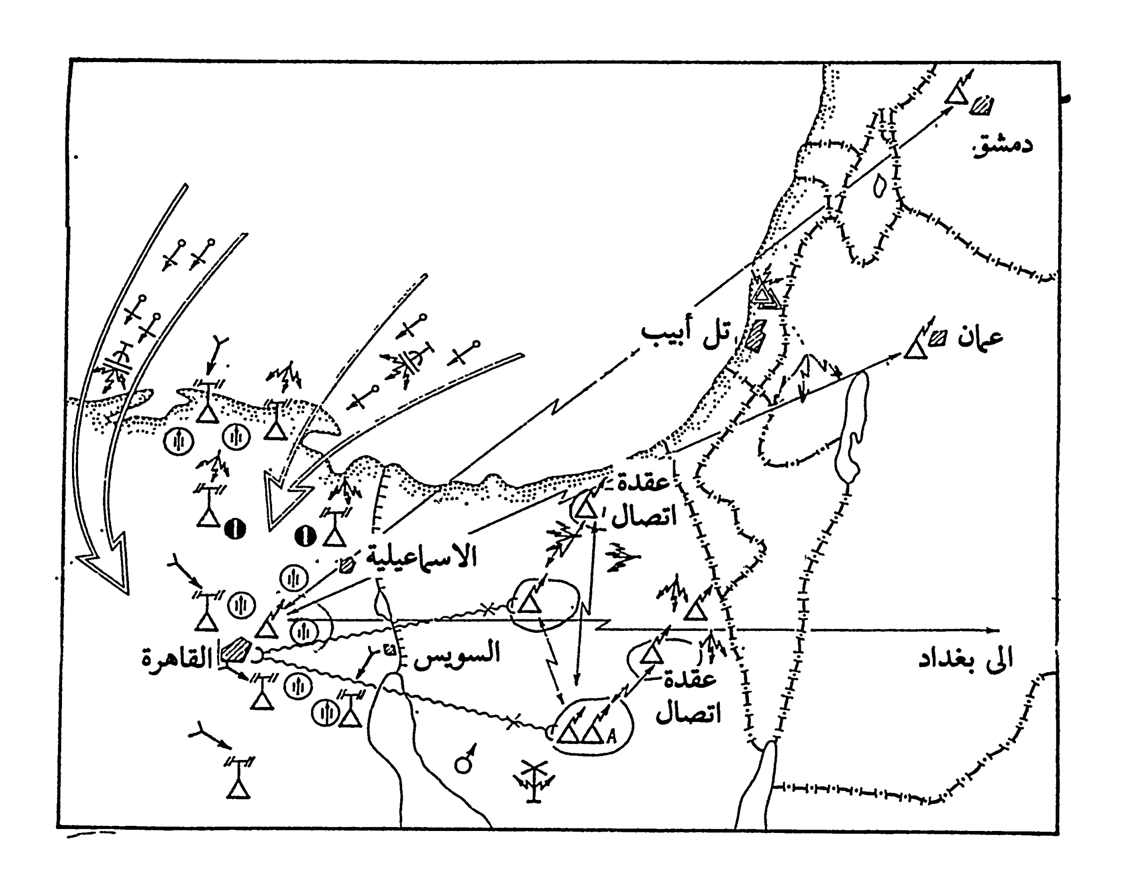
ثالثاً ـ الحرب الالكترونية في حروب الشرق الاوسط .

اثناء حروب الشرق الاوسط ، التي شنها المعتدون مرات عدة ، كانت الحرب الالكترونية تنفذ من قبل الطيران وقوات الدفاع الجوي والاساطيل البحرية الحربية والقوات البرية للاطراف المتصارعة .

في حزيران عام 1967 ، هاجمت اسرائيل مصر وسوريا والاردن بهدف تدمير قواتها المسلحة وفي نفس الوقت توطيد دور الدول الغربية في الشرق الاوسط . واستهدفت اسرائيل القيام بحروب سريعة صاعقة ضد الدول العربية . وكانت تسعى لتحقيق اهدافها عن طريق المفاجأة ، والتي سعت لتحقيقها عن طريق التمويه العملياتي ـ الاستراتيجي والتضليل الى جانب الحرب الالكترونية .

ولتنفيذ هذه الخطط ، نفذت اسرائيل في مرحلة الاعداد لعدوانها استطلاعاً كثيفاً ومركزاً ، استطاعت خلاله أن تكتشف شبكات المطارات ومواقع الدفاعات الجوية ومحطات الرادار ومقرات القيادة وعقد الاتصالات وحصلت على معلومات اخرى ضرورية لتنفيذ الحرب الالكترونية . ونتيجة لذلك ، حصلت اسرائيل على المعلومات اللازمة عن انظمة توجيه وقيادة القوات العربية والترددات العاملة والاحتياطية للوسائط الالكترونية الفنية وخطوط وشبكات الاتصالات اللاسلكية الحكومية والعسكرية .

ومنذ بداية العدوان ، خطط الاسرائيليون لخرق خطوط الاتصالات اللاسلكية بين الدول العربية واعماء الوسائط الالكترونية الفنية وانظمة الدفاعات الجوية وتوجيه صواريخ ومدفعية الدفاع الجوي . وبعد الحصول على هذه المعلومات ، بدأ المعتدون منذ الخامس من حزيران وفي مرحلة توجيه الضربات الجوية الكثيفة والمركزة ، بدأوا تشكيل تشويش ضد شبكات الاتصالات اللاسلكية ، التي كانت تقوم بتأمين الاتصالات بين القاهرة ودمشق وعمان (انظر الشكل 24) وشلّت محطات رادار الانذار المبكر وتوجيه الطيران ووسائط الدفاع الجوي . وفي نفس الوقت ، قامت مجموعات السطع والتخريب الاسرائيلية المنزلة بالمظلات بقطع خطوط الاتصالات السلكية الموجودة في شبه جزيرة



الشكل (24)

الحرب الالكترونية اثناء مجرى العدوان الاسرائيلي ضد البلدان العربية في حزيران عام 1967 .

سيناء . ولتحقيق المفاجأة وتجنب انظمة الدفاعات الجوية ، قام الطيران الضارب الاسرائيلي بتوجيه ضرباته سالكاً طريق البحر الابيض المتوسط ، حيث كان يطير على ارتفاعات تراوحت بين (150 ـ 300) م . وعلى التوازي مع ذلك كان يقوم باعماء محطات الدفاع الجوي بالتشويش الالكتروني . وبعد تنفيذه لضرباته ، التي وجهت الى الطائرات ، وهي جاثمة في مطاراتها ، ومحطات الرادار ، قامت الطائرات بتدمير مقرات قيادات السلاح الجوي ووسائط الدفاع الجوي . وفي اليوم الاول من الحرب ، استطاع الطيران الاسرائيلي اخراج عقدة اتصالات الجبهة في مصر من الجاهزية ، التي تمركزت في شبه جزيرة سيناء .

الى جانب ذلك ، نفذت القوات الاسرائيلية عملية تضليل راديوي ، بدخولها على شبكات اتصالات التشكيلات المدرعة واسلحة الطيران العربية واصبحت تبث اوامر وبلاغات كاذبة . وحسب معلومات الصحافة الغربية ، تمكن الاسرائيليون ، في احيان معينة ، من « قيادة » السلاح المدرع المصري والطائرات وتوجيهها إما الى المناطق التي كان يحتلها الاسرائيليون أو الى مطاراتها .

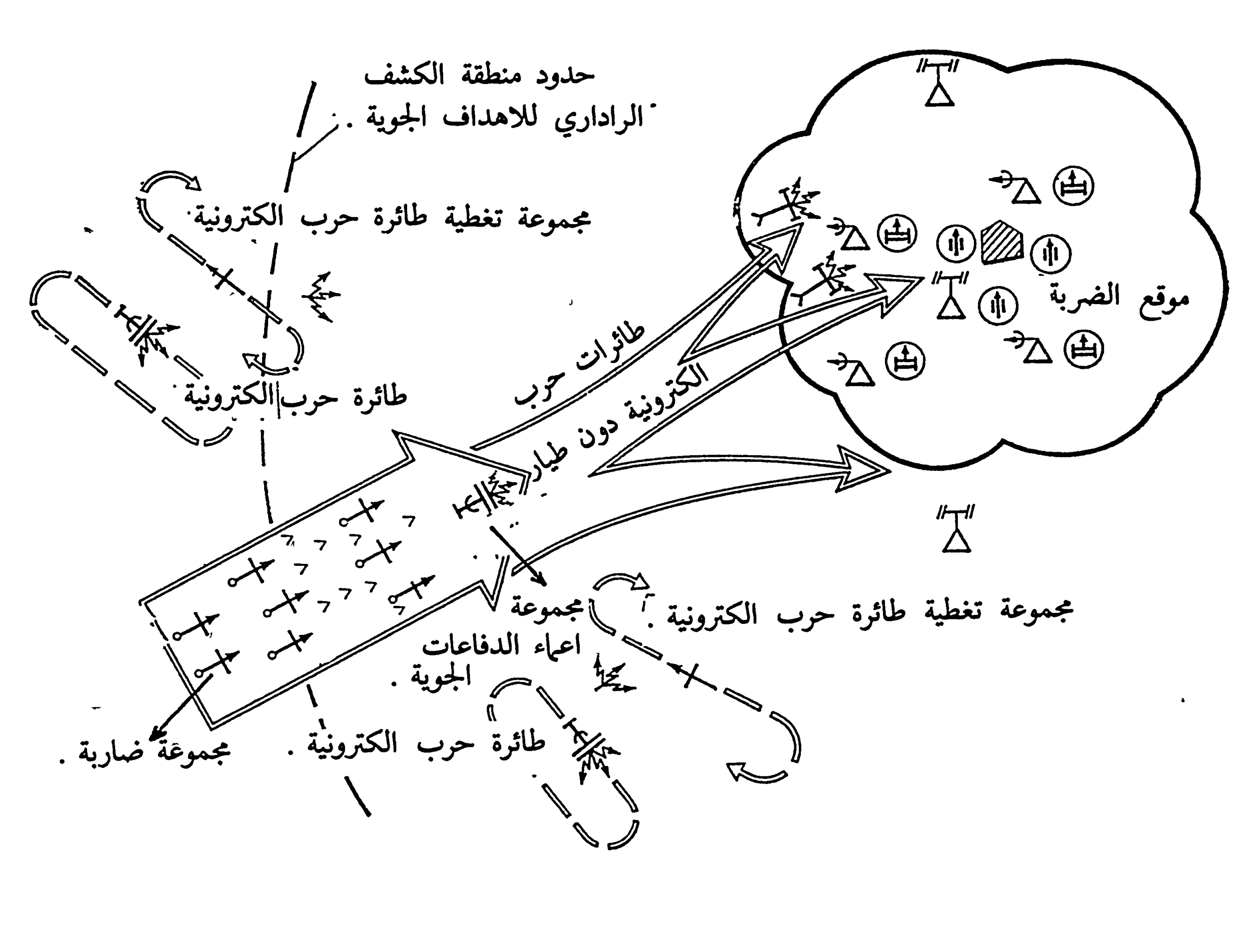
وعلى جبهة سيناء واثناء تحرك الفرقة المدرعة المصرية الرابعة لتوجيه ضربة مضادة بالعدو ، قام رجال التضليل الراديوي الاسرائيلي ببث أوامر لاسلكية تأمر هذه الفرقة بالعودة واجتياز قناة السويس ، ونتيجة لذلك لم يتم تنفيذ الهجوم المعاكس .

وقبل بداية الحرب وبغرض تمويه مناطق تمركز القوات وازمنة الانتشار ، جرى الحد من اشعاعات الوسائط الالكترونية الفنية والاتصالات اللاسلكية بين الاركانات والقوات ، التي كانت تعد للهجوم . الى جانب ذلك تم التقيد التام بانظمة عمل الوسائط الالكترونية الفنية وطلعات الطيران الاعتيادية .

اعاقت الاجراءات التي طبقتها اسرائيل ، تلك التي تعلقت بالاعماء الالكتروني والتضليل ، اعاقت قيادة القوات البرية والطيران وقوات الدفاع الجوي وحدّت من امكانية السيطرة الكاملة على مجرى الاعمال القتالية . وبالنتيجة تسنى للقيادة الاسرائيلية تحقيق المفاجأة العملياتية والتكتيكية في الحرب التي نشبت .

في اكتوبر عام 1973 وخلال الحرب الاسرائيلية العربية الرابعة (6 ـ 25 اكتوبر) ، نُفِذت الحرب الالكترونية على اساس الخبرات التي استقاها الامريكان في فيتنام والاسرائيليون في الحرب السابقة التي نشبت في الشرق الاوسط . ولتحقيق عمليات السطع والاعماء الالكتروني للوسائط الالكترونية الفنية ، تم تزويد ٪ 30 من الطائرات الاسرائيلية المقاتلة بوسائط اعماء الكتروني امريكية الصنع . الى جانب ذلك ، قامت اسرائيل بانتاج مرسلات تشويش . واستخدمت الطائرات المطاردة ـ القاذفة F – 4 فانتوم و « سكاي هوك » و « ميراج » والطائرات بدون طيار وطائرات الحرب الالكترونية وجميعها استخدمت وسائط الاعماء الالكتروني .

حتى اكتوبر عام 1973 ، كان يدخل في عداد طائرات سلاح الجو الاسرائيلي ، 68 طائرة مجهزة بوسائط اعماء الكتروني . وبعض الطائرات كالطائرة F – 4 كان قد أعيد تسليحها وحولت الى طائرة حرب الكترونية إحتوت كل طائرة اربع حاويات تحتوي على محطتي تشويش الكتروني ورشاشات اطلاق العواكس الديبولية الراديوية والمصائد ـ الاهداف الحرارية الكاذبة . وجميع هذه الوسائط ، استخدمتها اسرائيل المعتدية في حرب اكتوبر عام 1973 (انظر الشكل 25) .



الشكل (25)

اساليب استخدام الحرب الالكترونية للطيران الاسرائيلي اثناء توجيه ضربات ضد مواقع ذات دفاعات جوية قوية .

واثناء قيام الصحافة العسكرية الغربية بتحليل النشاطات القتالية للطيران الاسرائيلي خلال حرب اكتوبر ، استنتجت قائلة : إذا كان المعتدي الاسرائيلي في عام 1967 استطاع توجيه ضربات مفاجئة وصاعقة ضد مطارات ووسائط الدفاعات الجوية ومقرات القيادة والمراكز الرادارية العربية ، الامر الذي ادى الى هيمنته على الجو ، فإنّ هذا الامر لم يستطع تحقيقه في عام 1973 . وخلافاً لتوقعات المعتدين الاسرائيلين ، لاقى سلاحهم الجوي مقاومة عنيفة وفعالة من قبل منظومات الدفاع الجوي الصاروخية المنتشرة على اراضي سوريا ومصر وكبدته خسائر جسيمة . وبعد هذه الخسائر

الجسيمة التي تكبدها الطيران الاسرائيلي ، أصبح الأخير مجبراً إلى اللجوء (ابتداءً من اليوم الثالث للحرب) للاستخدام الكثيف للتشويش الالكتروني ضد الوسائط الالكترونية الفنية ومقرات القيادة ومنظومات الدفاعات الجوية الصاروخية العربية وايضاً الانتقال من طرق توجيه الضربات الجوية الكبيرة باستخدام طائرات وصل عددها في كل طلعة حتى 30 طائرة ، الى تنفيذ غارات بمجموعات صغيرة من الطائرات تراوح عددها في كل طلعة من 4 الى 8 طائرة .

في بداية نشوب الاعمال القتالية وبغرض اعماء محطات الرادار ، استخدمت اسرائيل التشويش السلبي المكثف ، الذي كانت تشكله طائرات « سكاي هوك » بواسطة الرشاشات 29 – ALE و ALE 38 والقنابل الجوية المزودة بالعواكس الديبولية الراديوية . وتم تنفيذ الغارات على القوات والمواقع ، عادة ، من على ارتفاعات منخفضة (حتى 25 م) ، وعلى الجبهة السورية كانت الطائرات تنطلق من خلف جبل الشيخ . وعندما كانت تطلق صواريخ الدفاعات الجوية ، كان الطيران الاسرائيلي يقوم بتنفيذ ما يسمى تفادي الدفاعات الجوية (الانقضاض باتجاه الصاروخ المطلق مع تغيير اتجاه الطيران وتشكيل تشويش ايجابي وسلبي ضد محطات الرادار وشبكات الاتصالات اللاسلكية) . وكان يتم التقاط لحظات اطلاق الصواريخ من قبل اطقم الطائرات الخاصة أو الحوامات ، التي كانت تنذر مجموعات الطيران الضارب عن ذلك بواسطة اللاسلكي .

وانحصر تكتيك اعمال السلاح الجوي الاسرائيلي اثناء محاولته لتفادي الدفاعات الجوية بالآتي : بدايةً ، كان يقوم باعماء محطات رادار الكشف واعطاء الدلالة عن الاهداف وتوجيه الطيران ، ومن ثم توجيه ضربات جوية ضد محطات الرادار ومواقع محطات توجيه الصواريخ والمطارات باستخدام الصواريخ المضادة للرادارت والقنابل الجوية ، وفقط بعد ذلك ، كان سلاح الجو ينتقل لتنفيذ مهام دعم القوات البرية . وكان يتم توجيه الضربات ضد محطات توجيه الصواريخ على التوازي مع استخدام التشويش الالكتروني ومجموعات من الطائرات تعمل على إلهاء العدو ، وهذه الخبرة كانت مستقاة من حرب فيتنام . واثناء توجيه الضربات الجوية ، كان يتم تشكيل التشويش الالكتروني من قبل طائرات وحوامات ، كانت تطير فوق الاراضي التي كانت قد احتلتها اسرائيل سابقاً . كما سُجلت حالات ، استخدمت فيها طائرة الحرب الالكترونية بدون طيار من نماذج AQM – 34C و AQM – 34H التي كانت تقترب من حدود مناطق تدمير منظومات الدفاع الجوي الصاروخية قبل (1 ـ 1,5) دقيقة من وصول مجموعات الطيران الضارب . وكان يتم اطلاق هذه الطائرات من قبل الطائرة DC – 130 .

ولزيادة فاعلية عمليات اعماء الوسائط الالكترونية الفنية وتحييد اعمال الدفاعات الجوية ضد

مجموعات الطيران الضارب ، كان يدخل في عداد كل مجموعة طائرات مؤلفة من (6 ـ 8) طائرات ، مجموعة طيران تأمين تحتوي على عدد من الطائرات يتراوح بين (20 الى 25) طائرة مسلحة بوسائط الحرب الالكترونية . وقبل ساعة تقريباً من توقيت الضربة الجوية كان ينفذ الاستطلاع لاهداف الضربة ومحطات توجيه اسلحة الدفاعات الجوية الصاروخية ومحطات الرادار بواسطة طائرات

استطلاع بطيار وبدون طيار . بعد ذلك كان يتم اثناء الطيران تشكيل تشويش الكتروني من على مسافات متوسطة وعالية والقيام بغارات استعراضية على اتجاهات أخرى وتوجيه ضربات ضد مواقع محطات الرادار ومحطات توجيه الصواريخ . وللمحافظة على السرية عن الكشف والسطع الراداري ، كانت مجموعات الطائرات الضاربة تقوم بتنفيذ مهامها من على ارتفاعات منخفضة لا تتجاوز 300 م .

إلا أن استخدام وسائط الاعماء الالكتروني لم يساعد الطيران الاسرائيلي كثيراً في خرق انظمة الدفاعات الجوية لمصر وسوريا ، التي استطاعت تدمير كمية كبيرة من طائرات العدو . حيث من عداد ال 110 طائرة التي اسقطت للعدو ، كان نصيب الدفاعات الجوية العربية منها في الايام الثلاثة الاولى للحرب 80٪ (صواريخ ومدفعية م / ط) وفقط 10 ـ 15٪ اسقطت في العمليات الجوية . وحسب تقديرات الصحافة العسكرية الغربية ، كان السبب الرئيس للفاعلية المتدنية للاعماء الالكتروني الذي

وجه ضد انظمة الدفاعات الجوية العربية ، هو الكمية الصغيرة لوسائط الاعماء الالكتروني وما تمتعت به من مجال ترددي عامل ضيق . وانخفضت فاعلية الحرب الالكترونية ، التي قام بها الطيران الاسرائيلي لسبب آخر وهو أن منظومات الدفاعات الجوية في سوريا ومصر استخدمت انواعاً مختلفة ومتعددة من الوسائط الالكترونية الفنية ، التي كانت تمتلك تجهيزات حماية ضد التشويش الالكتروني ، عملت على ترددات مختلفة . فالاستطلاع الاسرائيلي

لم يتمكن من فضح الترددات الجديدة للوسائط الالكترونية الفنية العربية ، التي لم تسجل من قبل الامريكيين سابقاً في فيتنام . والمستقبلات الكاشفة الامريكية APR – 25 APR – 26و APR – 27وغيرها لم تتمكن من انذار اطقم الطائرات عن اشعاعات محطات الرادار وانظمة توجيه الصواريخ المضادة للطائرات المعادية .

وفي الايام الاولى للحرب ، سرعان ما نضب الاحتياطي الاسرائيلي من العواكس الديبولية الراديوية ، الامر الذي جعل الامريكيين يرسلون الى اسرائيل ، اثناء الحرب ، 50 الف حزمة من العواكس الديبولية الراديوية عن طريق الجو ، الامر الذي سمح بتشكيل تشويش الكتروني سلبي كثيف ، اعاق امكانية الكشف الراداري للطائرات وتوجيه الصواريخ ضدها . وبغرض تعويض

الاحتياطي من العواكس الديبولية الراديوية ، الذي صرف في جنوب شرق آسيا والشرق المتوسط ، لجأت بعض الشركات الامريكية للعمل على ثلاث دوريات يومياً . كما تبين أن المصائد ـ الاهداف الكاذبة الحرارية ، قليلة الفاعلية لأن صواريخ الدفاعات الجوية العربية ذات رؤوس التوجيه الذاتي الحرارية (تحت الحمراء) لم تتأثر باشعاعات هذه المصائد ، بل كانت تتوجه الى الاشعاعات الحرارية الصادرة عن المحركات وكانت تدمر الطائرات التي تطير بواسطتها . وحسب رأي الاخصائيين الامريكيين ، كان سبب ذلك هو أن كثافة اشعاعات هذه المصائد ـ الاهداف الحرارية الكاذبة ، اقل من كثافة الاشعاعات الصادرة عن المحركات الجوية . الامر الذي جعلهم لاحقاً يزيدون من كثافة هذه الاشعاعات . ولدراسة مجريات الامور على ارض الواقع ، توجه سريعاً ، في منتصف اكتوبر عام 1973 ، ممثلوا الشركات الامريكية المنتجة لتكنولوجيات الحرب الالكترونية ، واتخذوا الاجراءات الكفيلة برفع فاعلية وسائط الاعماء الالكتروني .

ادارت القوات البحرية الاسرائيلية الحرب الالكترونية باستخدام وسائط تشكيل التشويش الايجابي والسلبي والاهداف الكاذبة . وهذه الوسائط كانت تقوم بتأمين الاعمال القتالية لزوارق الصواريخ وزوارق الدورية ضد سفن السطح والاهداف الساحلية للدول العربية . وكانت الاعمال القتالية البحرية الفعالة تنفذ ليلاً بالتعاون مع الحوامات والطائرات ، التي كانت توجه ضربات جوية ضد محطات الرادار الساحلية ومواقع المدفعية . واستخدمت الاهداف الرادارية الكاذبة المشكلة من العواكس الراديوية لابعاد صواريخ القوات البحرية السورية والمصرية المضادة للسفن عن الزوارق القتالية الاسرائيلية . وادى الاستخدام الناجح للتشويش السلبي ضد محطت الرادار الى أن تلجأ دول عديدة في العالم لتسليح سفنها بأنظمة تشكيل التشويش الالكتروني السلبي .

كما كان الجيش الاسرئيلي يضم في عداد وحداته ، وحدات حرب الكترونية ، مسلحة ، بشكل رئيس ، بمنظومات السطع والتشويش الراديوي الامريكية الصنع . وكانت هذه الوحدات متمركزة عادة على التلال والمرتفعات ضمن النطاق التكتيكي . كانت وسائط هذه الوحدات تقوم بكشف الوسائط الالكترونية الفنية العاملة ضمن مجالات ترددية تتراوح بين (2000 و 16000) ميغاهيرتز ، وتحدد احداثيات محطات الرادار ومراكز ونقاط القيادة ومواقع منظومات الدفاع الجوي الصاروخي وتشكل التشويش الالكتروني . وبواسطة التشويش ضد الاتصالات اللاسلكية ، سعى الاسرائيليون لخرق انظمة قيادات القوات البرية العربية ، كما حصل في حرب 1967 .

واستخدم الاسرائيليون الى جانب وسائط الحرب الالكترونية البحرية والجوية والبرية ، استخدموا مرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة .

شنت القوات العسكرية المصرية والسورية ، في حرب اكتوبر 1973 ، الحرب الالكترونية لاهداف تأمين الحماية للوسائط الالكترونية الفنية عن السطع والاعماء التشويشي المعادي وايضاً لاعماء وسائط العدو الالكترونية . وكانت القوات العربية تستر وسائطها الالكترونية الفنية عن السطع الراديوي بالحد من عملها على نظام الاشعاع بالفضاء حتى الحد الادنى وتغيير الترددات العاملة باستمرار وتبديل مواقع الانتشار .

وتشير الصحافة العسكرية الغربية الى انه تمت حماية الوسائط الالكترونية الفنية لمنظومات الدفاعات الجوية المصرية والسورية من التشويش ، تمت بفضل استخدام مبادىء جديدة في توجيه صواريخ ومدفعيات الدفاع الجوي ، وايضاً بفضل استخدام انواع عديدة من الوسائط الالكترونية الفنية العاملة على نظامي البث ، النبضي والمستمر .

وادى استخدام الدول العربية لانواع مختلفة من الوسائط الالكترونية الفنية في قوات الدفاع الجوي ، ادى الى تعقيد اعمال الاعماء الالكتروني لسلاح الجو الاسرائيلي ، حيث كان الاخير يحتاج الى اعداد كبيرة من وسائط الاعماء الالكتروني لتنفيذ هذه المهمة ، والتي كان من الصعوبة بمكان تركيبها في الطائرات التكتيكية حتى لدرجة الاستحالة . ويعتبرون في الغرب ، بعد اخذهم هذا الموضوع بنظر الاعتبار ، أنه بغرض تحييد الدفاعات الجوية المعادية عن طريق الطيران التكتيكي ، يجب ومن الضروري متابعة استخدام طائرات الاعماء الالكتروني بطيار وبدون طيار ، الى جانب استخدام وسائط الاعماء الالكتروني المركبة في الطائرات المقاتلة الضاربة .

وعندما كان يتم اعماء محطات الرادار بالتشويش ، عادة ما كان يتم كشف الاهداف من قبل نقاط المراقبة البصرية ، المجهزة باجهزة ضوئية للمراقبة وبوسائط اتصالات لاسلكية والسيمافور الضوئي . وهذه النقاط الموزعة على طول خط الجبهة في المرتفعات العالية ، كانت تستطيع كشف الاهداف الجوية ، التي كانت تغير تحت تغطية التشويش الالكتروني أو على ارتفاعات منخفضة ، وهي على بعد 12 كم . كما كانت تقدم مراكز السطع الراديوي معلومات قيمة عن العدو الجوي ، حيث كانت تكتشف العدو بالتقاط الاشعاعات الرادارية واللاسلكية الصادرة عن وسائطه قبل (2 ـ 3) دقيقة من الزمن الذي تستطيع محطات الرادار فعل ذلك .

استطاعت وحدات التشويش الالكتروني المصرية بنجاح أن تخرق شبكات الاتصالات اللاسلكية لانظمة قيادة القوات البرية ومحطات توجيه الصواريخ المضادة للجو « هوك » . فعلى سبيل المثال ، استطاعت مجموعة من الطائرات السورية ، يقدر عددها ب 79 طائرة ، في 6 اكتوبر عام 1973 ، تحت حماية التشويش الالكتروني الكثيف ، استطاعت توجيه ضربة جوية صاعقة ضد

القوات الاسرائيلية في منطقة مرتفعات الجولان ، ولم تفقد سوى طائرة واحدة . وحسب تصريحات الصحافة العسكرية الغربية ، كان التشويش الذي شكلته القوات المسلحة السورية فعالاً ، الى تلك الدرجة التي لم تستطع فيها انظمة المضادات الجوية الصاروخية « هوك » ولا الطيران المطارد الأسرائيلي من الصمود زمناً طويلاً أمام الطائرات السورية .

رابعاً - الحرب الالكترونية في مجرى حرب لبنان .

اثناء مجرى الاعمال القتالية في لبنان في حزيران عام 1982 ، نفذ الطيران الاسرائيلي المعتدي صراعاً الكترونياً كثيفاً ضد انظمة الدفاعات الجوية السورية واللبنانية . وفيها استخدمت : طائرات السطع الالكتروني الراديوي ، طائرات الحرب الالكترونية « عَرَفا » ، وسائط الاعماء الالكتروني للحماية الفردية للمطاردات - القاذفات ، محطات سطع راديوي برية وتشكيل تشويش الكتروني ومناطيد مجهزة بوسائط تشكيل تشويش الكتروني سلبي . وكان يقوم بتوجيه مجموعات الطيران الضارب وادارة الحرب الالكترونية ، مقر القيادة الجوي ، الموجود في الطائرة E – 2C هاكاي .

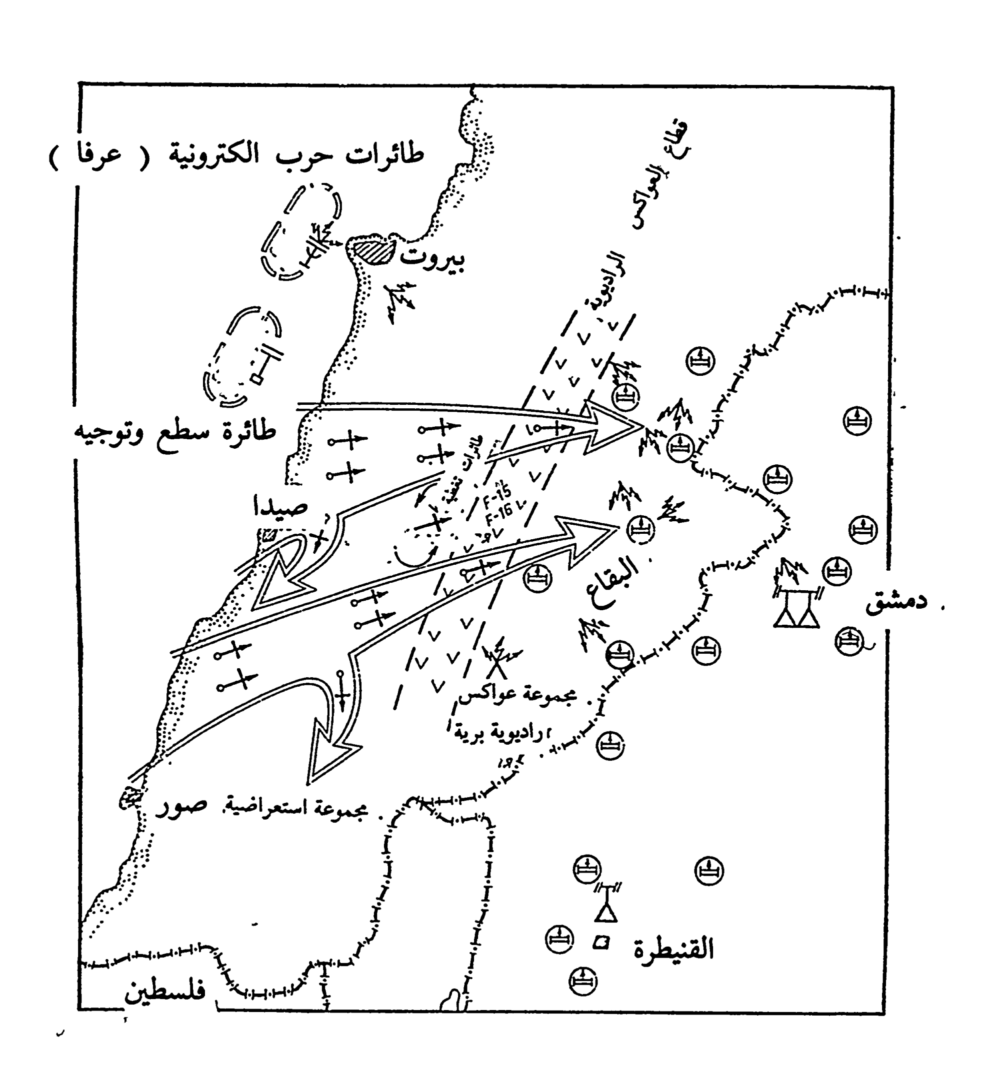
وكانت طائرات الحرب الالكترونية وطائرات السطع والطائرات E – 2C . تقوم بتنفيذ اعمالها من مناطق فوق البحر ، تقع خارج حد امدية وسائط الدفاعات الجوية اللبنانية والسورية .

في مرحلة الاعداد للعدوان ، نفذت القوات المسلحة الاسرائيلية استطلاعاً كثيفاً وتفصيلياً لانظمة السطع الرداري وتوجيه قوى ووسائط الدفاعات الجوية الموجودة في سهل البقاع وفي الاراضي السورية ، وفضحت مواقع انتشار ومواصفات الاشعاعات وانظمة عمل محطات رادار الكشف وتحديد الدلالة عن الاهداف وتوجيه صواريخ الدفاعات الجوية والطيران المطارد وانظمة الاتصالات اللاسلكية والقيادة لقوات ووسائط الدفاع الجوي والقوات البرية .

ابتدأ العدوان في 9 حزيران باعمال استعراضية جوية وتشكيل تشويش سلبي كثيف عن طريق اسقاط مناطيد تحتوي على عواكس ديبولية راديوية وتشكيل تشويش الكتروني ايجابي ضد محطات رادار الدفاعات الجوية من قبل وسائط متمركزة في البر . (انظر الشكل 26) . وكان أن شكلت العواكس الراديوية قطاعات من التشويش السلبي كبيرة ، متحركة تحت تأثير الريح باتجاه الاراضي اللبنانية ، مغطية بذلك اعمال الطيران المهاجم . أما مطاردات التغطية F – 15 وF – 16 فكانت تحتل مناطق المناوبة

في الجو ، الواقعة فوق البحر .

وفي نفس الوقت كانت تقوم الطائرات بدون طيار « ماستيف » و « سكاوت » باختراقات دورية للمناطق الخاضعة لتدمير منظومات الدفاعات الجوية . في هذا الوقت ، كانت طائرات السطع تقوم بتدقيق المعلومات المستطلعة عن احداثيات محطات الرادار لتوجيه ضربات جوية عليها .



الشكل (26)

الحرب الالكترونية اثناء الاعمال القتالية في لبنان .

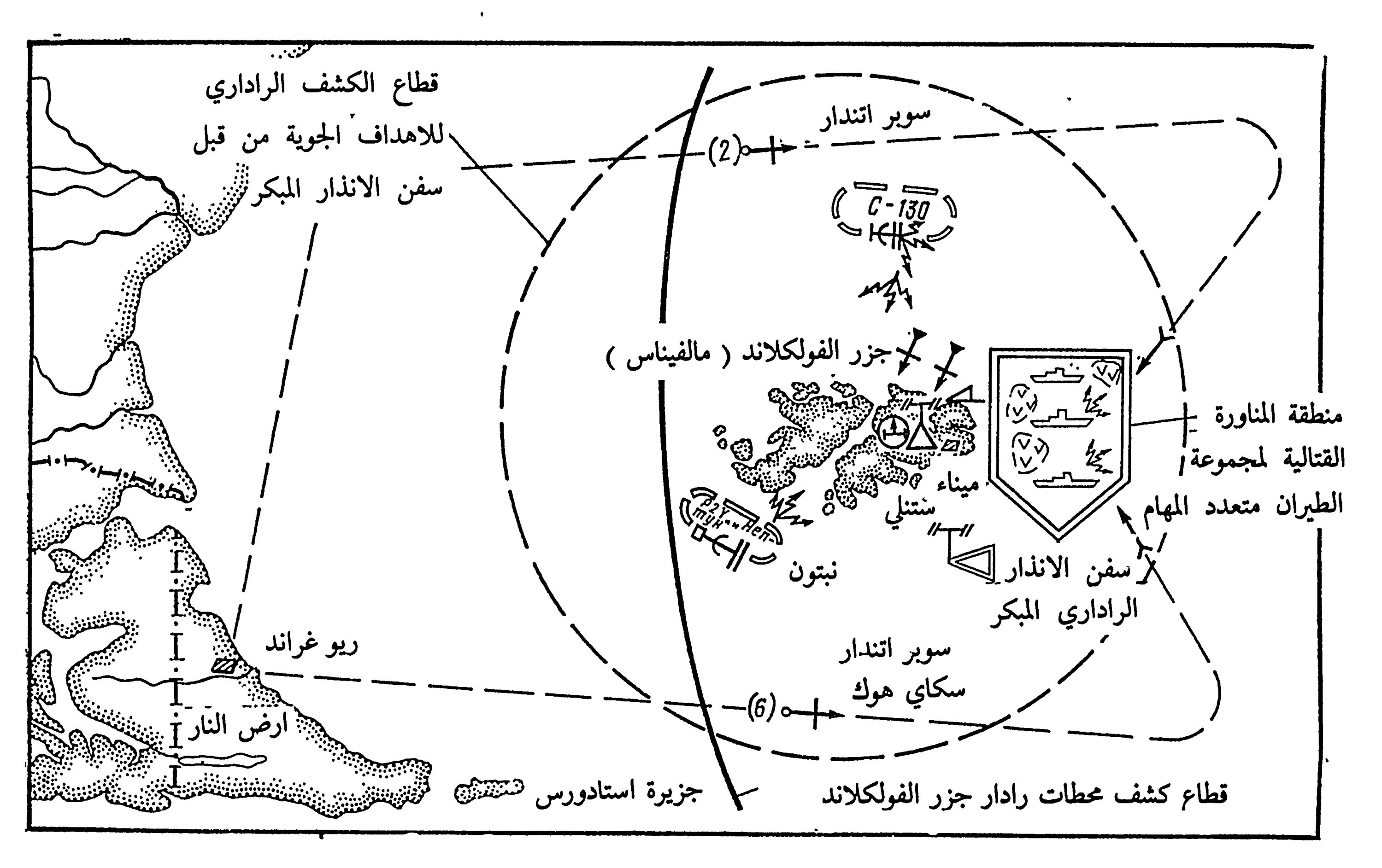
في مرحلة صعود وطيران المطاردات ـ القاذفات الاسرائيلية F – 4 فانتوم و « كفير » الى حد الضربة ، كانت مجموعات طائرات التغطية تتحرك مقتربة من منطقة توجيه الضربة ، مشكلة حاجزاً أما المطاردات السورية ، التي كانت تطير باتجاه الطيران الضارب الاسرائيلي . وقبل خروج الطائرات الضاربة بوقت قصير ، كان يتم تشغيل مرسلات التشويش المركبة على الطائرات ، وكانت هذه المرسلات تستطيع اعماء شاشات محطات رادار الكشف وتأمين الدلالة عن الأهداف وتوجيه صواريخ ومدفعيات الدفاع الجوي . وتحت حماية التشويش الالكتروني ، كان الطيران الضارب ينطلق الى المناطق الخاضعة لنيران وسائط الدفاع الجوي ويوجه ضرباته ضد منظومات الدفاع الجوي الصاروخية بشكل مباغت ، كما كان يوجه الضربات ضد مراكز رادارات الدفاعات الجوية ايضاً ، مستخدماً صواريخ موجهة وقنابل جوية .

ويعد اعماء انظمة الدفاعات الجوية ، كان الطيران الاسرائيلي يقوم بتوجيه ضربات جوية ضد التشكيلات المدرعة وغيرها من المواقع بواسطة قنابل جوية شديدة الانفجار ومتشظية ، وبعدها يقوم بما يسمى مناورة تفادي الدفاعات الجوية وتفادي المطاردات مع قيامه بتشكيل تشويش الكتروني بواسطة وسائط الاعماء الالكتروني للحماية الفردية (الذاتية) .

خامساً ـ الحرب الالكترونية في الصراع البريطاني ـ الارجنتيني .

اثناء الاعمال القتالية التي قامت بها قوات بريطانيا لاحتلال جزر مالفيناكس الارجنتينية في عام 1982 ، أستخدم الطيران البريطاني وسفن السطح مختلف انواع وسائط وطرق الحرب الالكترونية (انظر الشكل 27) .

واثناء اعدادهم لغزو جزر الفولكلاند ، ركّب البريطانيون وسائط لاطلاق حزم العواكس الديبولية الردايوية ومشعات اشعة تحت حمراء ومرسلات ذات الاستخدام لمرة واحدة على السفن والطائرات وبعض انواع الحوامات (« شينوك » ، « سي كيغ » و « لينكس ») ومستقبلات انذار عن الاشعاعات الرادارية . وأُستخدمت هذه الوسائط لاحقاً لاعماء محطات رادار توجيه نيران الدفاعات الجوية ، وحرف الصواريخ المضادة للسفن « اكزوسيت » عن السفن . وتم تجهيز القاذفات « فولكان » بمحطات التشويش الالكتروني الامريكية الصنع ALQ ـ 101 وALQ – 131 .

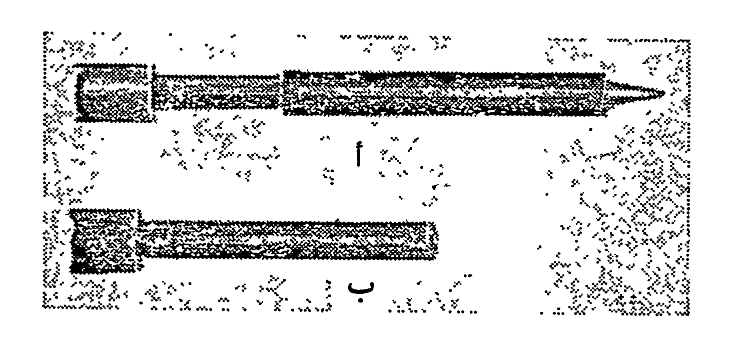


الشكل (27) الحرب الالكترونية اثناء مجرى الحرب البريطانية الارجنتينية .

وأثناء تنفيذ الانزال البحري في شرق الفولكلاند ، نفذ الطيران البريطاني والقوات البحرية الحربية استطلاعاً لمحطات رادار الطرف الارجنتيني وقاموا باعمائها بواسطة وسائط التشويش الالكتروني البحرية والجوية وأمنوا الحماية الالكترونية لانظمة توجيه القوات والطيران والاسطول البحري الحربي . وقامت قوات الاسطول البحري البريطاني اثناء تحضيرها وتنفيذها للاعمال القتالية ، بتنفيذ اجراءات تهدف الحفاظ على سرية الخطط الحقيقية ونوايا القيادة ، التي كانت تهدف الاستخدام الفعلي لهذه التجريدات العسكرية . حيث تم التقليل من المحادثات اللاسلكية حتى المستوى الاصغري ، كما كان يتم التقيد التام بقواعد المخاطبة اللاسلكية وانظمة عمل الوسائط الالكترونية الفنية في حالة الارسال في الفضاء .

واظهر التشويش الالكتروني فاعلية كبيرة في الصراع ضد الصواريخ المضادة للسفن ، التي استخدمها الطرف الارجنتيني عن طريق الجو . ونظراً لصغر حجم القوات الجوية الارجنتينية ، فإنها لم تطلق سوى ستة صواريخ مضادة للسفن « اكزوسيت » AM.39 ومنها ثلاثة فقط اصابت اهدافها ، أما البقية فانحرفت عنها بتأثير التشويش السلبي .

فالطيران الارجنتيني ، وبهدف منع تعرضه للسطع الراداري وتخفيض زمن استخدام العدو لدفاعاته الجوية ، كان ينفذ طلعاته من خلف الهضاب والمرتفعات وعلى ارتفاعات منخفضة جداً (10 ـ 15) م . الى جانب ذلك ، تم تنفيذ الغارات الجوية من الاتجاهين الغربي والجنوب ـ غربي في آخر النهار (عصراً) من جهة الشمس الغاربة .

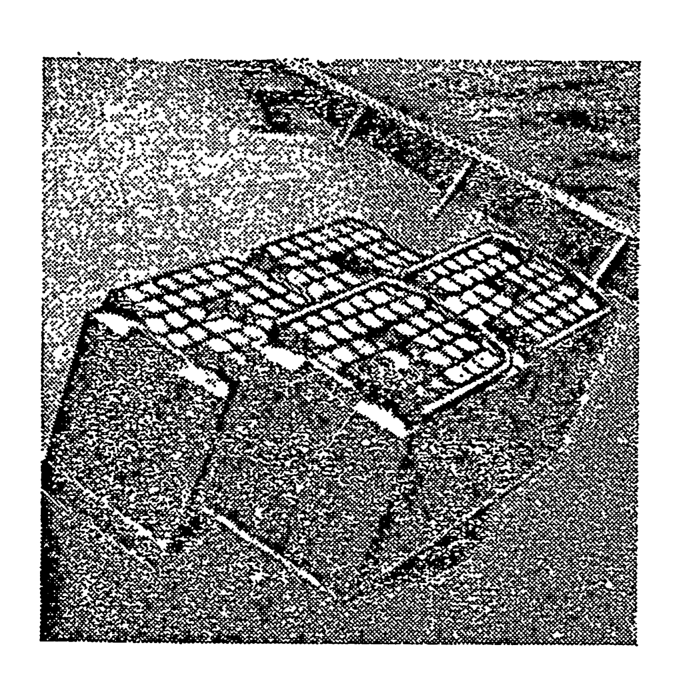


الشكل (28)

الصواريخ غير الموجهة (كوروس) (أ) . و « سيفين » (ب) ، التي تحتوي على عواكس راديوية .

وكان نتيجة 167 طلعة جوية دون استخدام وسائط الاعماء الالكتروني ، أن استطاع الطيران الارجنتيني اغراق المدمرة الصاروخية « كافنتري » والفرقاطتين الصاروخيتين « اردنت » و « انتيلوب » . وخسر الطرف الارجنتيني في هذه الطلعات 117 طائرة . أما البريطانيون فبسبب استخدامهم لوسائط الاعماء الالكتروني فقد فقدوا 10 طائرات وحوامات فقط . الى جانب ذلك ، استطاع البريطانيون باستخدامهم للتشويش الالكتروني السلبي انقاذ حاملة الطائرات « هيرمس » والمدمرة الصاروخية « هليمورجان » وغيرها من سفن تشكيلات الاسطول البحري الحربي العملياتية ، التي كان عددها حوالي 100 من السفن والغواصات . ولحماية سفن السطح من الصواريخ ، استخدم الاسطول البحري الحربي البريطاني ثلاثة اساليب من اساليب الاعماء الالكتروني التكتيكية ، بتشكيل تشويش سلبي بواسطة صواريخ غير موجهة نموذج « كورس » ، « سيفن » (انظر الشكل 28) و « ستوكيد » ، وحزم من العواكس الديبولية الراديوية المصنوعة من الالياف الزجاجية المعدنة والياف مألنة ومفضضة ، وايضاً وسائط اطلاق حزم العواكس الديبولية الردايوية الميكانيكية . . وكان يستمر تأثير التشويش الالكتروني السلبي في الظروف الميترلوجية الطبيعية حوالي 6 دقائق .

ينحصر الاسلوب الاول التكتيكي بتشكيل تشويش تمويهي سلبي للحد من احتمال التقاط رؤوس التوجيه الذاتي للصواريخ المضادة للسفن المغيرة للسفينة المراد حمايتها . إذ بعد اكتشاف اقتراب الصاروخ ، تقوم السفينة بتشكيل عدد من غيوم العواكس الديبولية الراديوية يصل الى اربع على ارتفاعات ومسافات مختلفة وذلك حول السفينة نفسها (1 ـ 2) كم بواسطة قاعدة الاطلاق « بروتيان » (انظر الشكل 29) . استخدم هذا الاسلوب في 25 ايار ، عند صد الضربة التي وجهتها طائرتان من طائرات « سوبر اتدندار » ضد تجمع السفن . وكان قد تم اكتشاف مجموعة السفن من قبل محطات الرادار المركبة على الطائرات الارجنتينية من على مسافة تصل الى 80 كم . ومن على مسافة 45 كم ، أُطلق من الطائرات ثلاثة صواريخ « اكزوسيت » ضد حاملة الطائرات المضادة للغواصات « هيرمس » ، الواقعة ضمن التشكيل . وتم اكتشاف الصواريخ من قبل محطات الرادار المركبة على السفن . وبعد ذلك تم اعماء رؤوس توجيهها الذاتية بفضل الكمية الكبيرة من حزم العواكس الديبولية الردايوية التي قذفت من سفن التشكيل العملياتي والتشويش الالكتروني الايجابي، المشكل من الحوامة « لينكس » . وأحد هذه الصواريخ تمت ازاحته عن حاملة الطائرات وبعدها دُمر بواسطة صاروخ من صواريخ المضادات الجوية « سيفولف » ، كانت قد اطلقته احدى سفن الحراسة . أما الصاروخ الثاني فقد مر الى جانب تشكيل السفن . والثالث ـ ألتقط ، بعد خروجه من الغيوم التي شكلتها العواكس الديبولية الراديوية ، ودُمِّر واغرقت حاملة حاويات « اتلانتيك كونفيير » مع الخمس عشرة حوامة الراقدة على ظهرها ، وهذه السفينة كانت تقع على بعد 5 أميال من حاملة الطائرات .



الشكل (29)

قاعدة اطلاق (بروتيان) لقذف صواريخ اعماء الكتروني تحمل عواكس راديوية ومشعات اشعة تحت الحمراء .

بدأت سفن الاسطول البريطاني تشكيل تشويش الكتروني سلبي كثيف اثناء توقع أو اكتشاف تهديد جوي معادي وخاصة بعد أن اغرقت ، في 4 ايار ، المدمرة الصاروخية « شيفيلد » . ولسد الحاجة من الكميات الضرورية من حزم العواكس الديبولية الراديوية ، عملت الشركة « بليسي ايروسبيس » المصنعة لها ليلاً نهاراً وخلال شهر كامل .

كان الاسلوب التكتيكي الثاني مخصصاً لقطع دارات ملاحقة رؤوس التوجيه الذاتي للصواريخ لاهدافها بعد التقاطها من قبلها . ومن مسافة تصل الى 2 كم عن السفينة وبواسطة صواريخ ، كانت تطلقها قواعد اطلاق مركبة على السفن « كوروس » ، كان يتم تشكيل غيوم عواكس ديبولية راديوية ، بذلك الشكل الذي تصبح فيه السفينة والغيمة ضمن شوكة المسافة لرأس التوجيه الذاتي للصاروخ . نتيجة لذلك يتوجه الصاروخ الى الغيمة ، لأن السفينة في هذه اللحظة تأخذ مساراً مبتعداً عنها في الوقت الذي تقوم بتنفيذ مناورة تفادي الدفاعات الصاروخية . أُستخدم هذا الاسلوب من قبل المدمرة الصاروخية وحاملة الالغام « هليمورجان » عندما كانت تقصف القوات الارجنتينية الراسية في ميناء ستينلي في 12 حزيران . إذ من بين الاربع صواريخ « اكزوسيت » المطلقة ضد المدمرة

من قاعدة اطلاق ساحلية ، تم حرف ثلاثة منها بواسطة التشويش السلبي وصاروخ واحد فقط سقط على مؤخرة السفينة ، لكنها بقيت طافية ولم تغرق .

أما في الاسلوب التكتيكي الثالث فكان يجري الاستخدام المشترك للتشويشين السلبي والايجابي لازاحة الصواريخ عن السفن . فكانت السفينة بواسطة الصواريخ غير الموجهة تشكل غيوماً من العواكس الديبولية الراديوية على مسافة 400 م وفي نفس الوقت تقوم بتشكيل تشويش الكتروني ايجابي من قبل محطات التشويش ، العاملة على نظام حرف الصاروخ باتجاه الغيوم . ونتيجة لذلك كان الهدف الحقيقي والهدف الكاذب يشكلان هدفاً كبيراً مستعرضاً . وكانت الصواريخ المتجهة الى مركز هذا الهدف تمر من جانب السفينة . وبيِّن هذا الاسلوب فاعلية كبيرة في الصراع ضد الصواريخ المنفردة . وفي نفس الوقت ، كان يتم اطلاق اهداف كاذبة حرارية ، تقلد الاشعاعات الحرارية الصادرة عن السفينة . وبعد سقوطها على الماء ، كانت هذه الاهداف تطفو على سطح البحر مشكلة اهدافاً للصواريخ ذات رؤوس التوجيه الذاتي الحرارية .

واثناء مجرى الاعمال القتالية ، كان يتم تشكيل التشويش الالكتروني الايجابي من قبل القاذفات البريطانية « فولكان » بواسطة محطات تشويش ، كانت تتعاون مع الطائرات المغيرة « بوكانير » وطائرات « سي هاريير » المجهزة بمستقبلات انذار عن الاشعاعات الرادارية وبرشاشات لاطلاق حزم من العواكس الديبولية الراديوية . وعندما كانت القاذفات تغير على ميناء ستينلي ، كانت تقوم باعماء محطات رادار توجيه منظومات صواريخ الدفاعات الجوية « رولاند » و « تايجيركِت » ، التي كانت تدافع عن المطار ، وبعدها كانت تقوم بتنفيذ القصف بالقنابل .

واثناء مجرى الصراع ، نفذت القاذفات الاستراتيجية « فولكان » ضربتين ضد محطة الرادار TPS – 43F بواسطة الصواريخ المضادة للرادارات « شرايك » 45 – AGM إلا أن هذه المحطة عادت للعمل بعد يومين من تنفيذ الضربة الجوية ، وأخذت لاحقاً تنفذ تكتيكاً جديداً وهو أنها لم تشغل قبل أي غارات جوية محتملة أو مكتشفة .

وعندما كانت توجه الضربات الجوية ضد السفن عن طريق الرؤية البصرية (لا عن طريق محطات الرادار) ، لم تكن وسائط الاعماء الالكتروني تؤثر بفاعلية على نتيجة الضربات ، وكانت السفن تتكبد خسائر جسيمة . هكذا تم تدمير الفرقاطة الصاروخية « اردينت » في 21 ايار ، التي وجهت اليها ضربة بصواريخ غير موجهة وقنابل جوية من الطائرات المغيرة « ايراماك » في الوقت الذي كانت فيه الفرقاطة تنفذ قصفاً مدفعياً ضد المواقع الارجنتينية المتمركزة في سان كارلوس . وبمثل هذا الاسلوب تم اغراق الطراد الصاروخي « كوفنتري » بضربة من القنابل الجوية قامت بها الطائرة المغيرة

« سكاي هوك » والفرقاطة الصاروخية « انتيلوب » واصيبت سفينتان باضرار .

وبعد أن درست التجارب المستقاة من الحرب الالكترونية التي خاضتها الاطراف المتصارعة في حرب الفولكلاند ، اقدمت القوات المسلحة البريطانية على تطوير وسائط الاعماء الالكتروني ورفعت من حساسية تجهيزات السطح الالكتروني الفني ومن دقة تسديد الوسائط الالكترونية الفنية لتصل الى اقل من 1° وزادت من استطاعاتها وعرضت المجال الترددي لمرسلات التشويش . وتم انتاج منظومة جديدة للتشويش الالكتروني ، تتألف من محطة تشويش ايجابي وقاعدة لاطلاق صواريخ غير موجهة وحزم من العواكس الديبولية الراديوية ومشعات اشعة تحت حمراء لحماية السفن من الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الذاتي . ويجري العمل لتطوير انظمة تشكيل التشويش ضد رؤوس التوجيه الحرارية . والآن يتم انتاج المصائد الحرارية بمواصفات تقارب مواصفات الاهداف الحقيقية مقاربة عالية وخاصة سفن السطح (من حيث صورة الاشعاعات الحرارية) . ويتم انتاج اهداف كاذبة سلبية ذات سرعة تقترب من سرعة الهدف المراد حمايته (إن كان طائرة أو سفينة) . ويتم انتاج منظومات مختلطة للاعماء الالكتروني ، قادرة على تأمين حماية السفن والطائرات من الصواريخ ، المجهزة برؤوس توجيه ذاتية رادارية وحرارية ولايزرية .

الى جانب ذلك ، يعتبرون في الغرب أنه بواسطة وسائط الاعماء الالكتروني التي يتم انتاجها اليوم يمكننا حماية السفن من ٪ 80 من الصواريخ المغيرة ذات رؤوس التوجيه الرادارية والحرارية .

خلال النزاع البريطاني الارجنتيني ، تم استخدام وسائط السطع الالكتروني الفني الفضائية . حيث بفضل المعلومات التي كانت تعطيها الاقمار الصناعية الامريكية عن مواقع السفن الارجنتينية ، تسنى للغواصات البريطانية في 2 ايار عام 1982 تدمير الطراد الارجنتيني « جنرال بيلغرانو » باستخدام الطوربيدات . ولم ينج من الطاقم البشري البالغ 1042 شخص ، سوى 400 .

سادساً ـ الحرب الالكترونية اثناء العدوان الامريكي ضد ليبيا .

في نيسان عام 1986 ، وتنفيذاً لأوامر الادارة الامريكية تم القيام بضربة جوية لصوصية ضد مواقع مختلفة على الاراضي الليبية بهدف التصفية الجسدية لحكومة ليبيا ، التي لم تكن توافق على السير

ضمن الركب الامريكي الامبريالي . اشترك في تنفيذ هذه الضربة طيران سلاح الجو والقوات البحرية تحت حماية التشويش الالكتروني . وساهمت في هذه الضربة المطاردات ـ القاذفات من طراز F – 111F المتمركزة في بريطانيا في القاعدة الجوية « ليكهيند » والطائرات المغيرة A – 6E انترودير التي انطلقت من حاملات الطائرات « كورال سي » و « امريكا » ، المنتشرة في البحر الابيض المتوسط .

وقامت مجموعتا طائرات حرب الكترونية بدعم وتأمين هذه الضربة الجوية . تتألف المجموعة الاولى من ثلاث طائرات من طراز EF – 111A وانطلقت من مطار ابير ـ هيفورد (بريطانيا) ، أما الثانية فتألفت من اربع طائرات من طراز EA – 6B وانطلقت من حاملات الطائرات وبالتعاون مع طائرات الحرب الالكترونية ، عملت المغيرات الموجودة على ظهر حاملات الطائرات A – 7E والمطاردات F/A – 18 المجهزة بصواريخ مضادة للرادارات وايضاً مطاردات التغطية F – 14 وF/A – 18. وكان يتم سطع الجو وتوجيه الطيران المغير من قبل طائرتي انذار راداري مبكر وتوجيه من طراز E – 2 هوكاي ، كانتا تقلعان من حاملات الطائرات . كما شارك في تنفيذ هذه العملية حاملتا طائرات ، كان على سطحهما حوالي 170 طائرة مقاتلة وغواصة من طراز « لوس ـ انجلوس » ، وطائرات سطع الكتروني وطائرات التعارف KC – 10 وKC – 135 وغيرها من الوسائط . وكانت تسجل نتائج الضربة وتحلل من قبل اقمار صناعية مخصصة للاستطلاع وطائرات الاستطلاع الاستراتيجي طراز RC – 71 وRC – 135 .

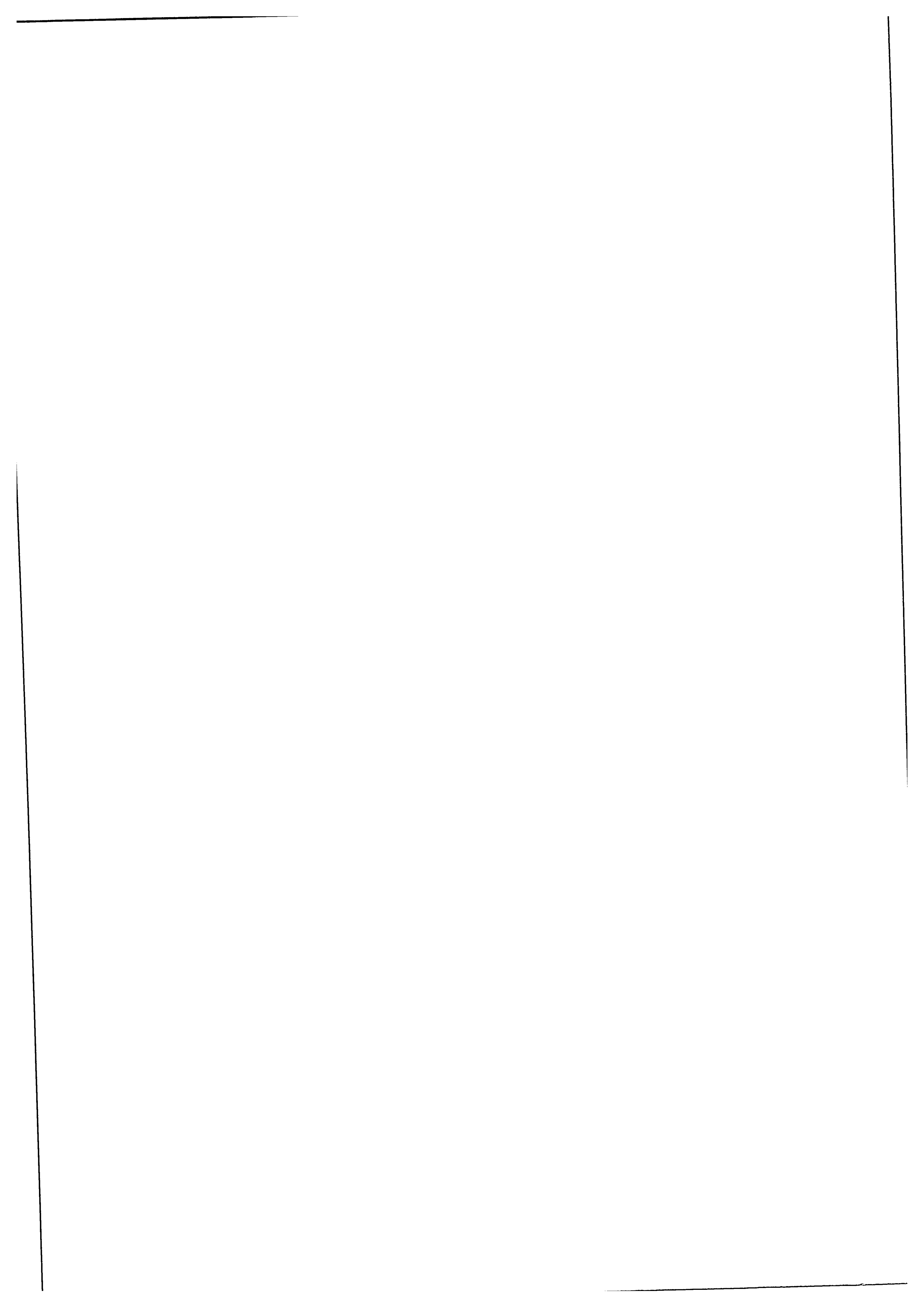
وصل عدد مجموع الطائرات التي اشتركت في هذه العملية 200 طائرة أما عدد السفن فبلغ 35 من مختلف الانواع .

وتم تنفيذ العملية على التسلسل الآتي . في 14 نيسان في الساعة 21 و 13 دقيقة انطلقت من القاعدتين الجويتين « ميلدنهول » و « فيرفورد » 28 طائرة تعارف وبعد 20 دقيقة انطلقت من القاعدة الجوية « ليكهيند » 24 طائرة مطاردة ـ قاذفة F – 111F و 5 طائرات حرب الكترونية EF – 111A وبعد التزويد الاول بالوقود في الجو ، عادت ست طائرات من طراز F – 111F وطائرتان EF– 111A كانتا بالاحتياط الى قواعدها . أما بقية الطائرات فتابعت طيرانها ، محافظة على قواعد الصمت الراديوي التام ، على ارتفاعات عالية فوق المحيط الاطلسي ومضيق جبل طارق والبحر الابيض المتوسط ، وكان عدد المرات التي تزودت فيها بالوقود جواً ثلاث مرات . وحينما وصلت الى منطقة الخليج التونسي ، بدأت تنخفض حتى وصل ارتفاع طيرانها الى (50 ـ 60) م واخذت التراتيب القتالية لتوجيه ضربة باسراب . في 15 نيسان وفي الساعة 01 و 54 دقيقة وقبل ست دقائق من بداية الضربة ، بدأت الطائرات EF – 111A وEA – 6B تشكيل تشويش الكتروني ايجابي ضد محطات الرادار بعيدة مدى الكشف وتلك التي تقوم بتوجيه صواريخ الدفاعات الجوية ، أما الطائرات A – 7E وF/A – 18 فاطلقت 48 صاروخ مضاد للطائرات طراز ؛ شرايك و « هارم » ضد محطات رادار منظومات

الدفاعات الجوية الصاروخية المنتشرة على الساحل الشمالي الليبي . وتحت حماية التشويش الالكتروني ، نفذت المطاردات ـ القاذفات والسفن البحرية في الساعة 02 و 00 دقيقة ، ضرباتها على مقرات القيادة الليبية في طرابلس ، والميناء الدولي واكاديمية القوى البحرية الحربية (18 طائرة F – 111F وضد مواقع شتى في بنغازي 12 طائرة A – 6E وكان مجموع حمولة ما تم اسقاطه من قنابل جوية 15 طن ، تراوحت اوزانها من 500 حتى 2000 باوند . اعاق التشويش الالكتروني المشكل اعمال الكشف وتدمير الطيران الضارب .

ونتيجة هذه العملية اللصوصية الغاشمة ، التي قامت بها الامبريالية الإمريكية ، دمرت في طرابلس وبنغازي العديد من دور السكن وتضررت سفارة استراليا وسفارات ايران وفنلندا ويوغسلافيا واستشهد 50 شخصاً وجرح 100 من السكان الابرياء . إلا أن الهدف الرئيس لهذه العملية ـ وهو التصفية الجسدية لقادة ليبيا ـ لم ينفذ .

الخاتمة



يتعلق مدى فاعلية الحرب الالكترونية الى حد بعيد بمستوى تطور وحداثة اساليب استخدام الوسائط التقنية الالكترونية الفنية العسكرية ، التي تعمل في مجال الاعماء الالكتروني . وبغض النظر عن أن وسائط الحرب الالكترونية لا تقوم بعملية التدمير المباشر للاطقم البشرية أو السلاح أو العتاد القتالي ، لكن نتائج استخداماتها تستطيع ابداء تأثيرات هامة على مجرى الاعمال القتالية ونتائجها .

وللتشبيه نقول ، أنه كما الانسان ، الذي لا يستطيع التصرف والعمل إذا كانت شبكته العصبية لا تعمل أو فيها خلل ما ، كالواسطة العسكرية ـ الفصيلة ، الوحدة ، التشكيل ، فإنها سوف لن تستطيع استخدام طاقاتها الكاملة اذا كان نظام السطع والتوجيه والقيادة فيها مشلولاً . لاقت وسائط الاعماء الالكتروني استخداماً واسعاً في مجال الطيران ، الذي لا يستطيع تنفيذ مهامه دون القيام باعماء الوسائط الالكترونية الفنية المستخدمة في منظومات الدفاعات الجوية .

وعلى التوازي مع تمويه القوات الصديقة والمواقع وتضليل الوسائط الالكترونية المعادية وتدميرها بالطيران والصواريخ والمدفعية ، فإن اساليب الاعماء الالكتروني ، في الحروب الماضية ، سمحت بخرق انظمة عمل منظومات السطع والقيادة للقوات والوسائط القتالية المعادية ، وايضاً تأمين وأمانة اعمال المنظومات الشبيهة للقوات والأساطيل الصديقة .

يجري في العديد من الدول ، تحليل خبرات الحروب الالكترونية التي شنت في الحروب العالمية والاقليمية ، باستخدام وثائق اعمال السطع المنفذة والصور التي اخذت من الطائرات والمركبات الفضائية وشهادات الاسرى والمراقبين وايضاً باستخدام الوثائق والاعتدة المستولى عليها . ويعيرون اهتماماً كبيراً اثناء التحليل للترددات العاملة وعروض الاشارات ، والترددات التكرارية وشكل الاشارات وغيرها من المميزات الخاصة بها ، حيث تعتبر هذه القيم ضرورية لاجراء عمليات تحديث اعتدة الحرب الالكترونية واساليب استخدامها . تريناً نتائج هذه التحليلات ، أن بعض وسائط الحرب الالكترونية ، كانت في الظروف القتالية محدودة الفاعلية .

واجبرت النتائج المستقاة ، من خبرة الحروب الإقليمية ، الدول الغربية على تعديل اتجاهات ابحاثها وانتاج تقنية جديدة للسطع والاعماء الالكتروني .

اولاً ـ فبدلاً من المحطات المفردة ، اصبحوا ينتجون منظومات متكاملة برية أو جوية أو بحرية ، قادرة على كشف مختلف انواع الوسائط الالكترونية واعمائها ، تلك التي تستخدم للسطع وتوجيه الاسلحة والقوات والطيران وقوى الاسطول البحري الحربي . وهذه المنظومات الجديدة تتألف عادة من ثلاثة عناصر . الأول ـ نظام سطع متعدد المهام ، مخصص لكشف وتحليل الاشعاعات الكهرطيسية ، وانذار الاطقم عنها ، وهذا النظام يعمل على الامواج الرادارية والحرارية (تحت

الحمراء) ، كما يقوم بتحديد مواقع الوسائط الالكترونية الفنية المكتشفة ويجري التعارف معها ويحدد احداثياتها ودرجات خطورتها واولويات اعمائها ، ويساعده في ذلك حاسبات الكترونية رقمية ، كما يقوم هذا النظام بتحديد انظمة عمل واستطاعات بث الوسائط التي ستقوم بالاعماء الالكتروني ويحلل الاعمال التي تقوم بها الوسائط الالكترونية المعادية . الثاني ـ هو عبارة عن محطة تشويش الكتروني ايجابي ورشاشات قذف العواكس الديبولية الراديوية والاهداف الحرارية ومرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة . الثالث ـ هو عبارة عن اهداف كاذبة رادارية وحرارية .

ثانياً ـ أنه لا يمكن بوسائط الحرب الالكترونية المركبة على الطائرات والحوامات التكتيكية ومثيلاتها التابعة للقوات البرية ، القيام بتنفيذ الاعمال القتالية بنجاح دون الاعماء المسبق للوسائط الالكترونية الفنية التابعة لمنظومات الدفاعات الجوية . ويعتبر الاخصائيون الغربيون أن استخدام هذه الوسائط بالتعاون مع تلك المركبة على طائرات حرب الكترونية اختصاصية ، يسمح بالاعماء الحتمي للوسائط الالكترونية الفنية المعادية وتأمين الاعمال القتالية للطيران التكتيكي .

ثالثاً ـ يلاحظ هنالك توجهات لتصميم وسائط اعماء الكتروني للمنظور البعيد ، تأخذ بعين الاعتبار التطورات المتوقعة في التقنية الالكترونية العسكرية ، لا اللهاث خلف ما نشاهده من لوحات للاعمال التي تخص الحرب الالكترونية في الحروب ، كما كان يجري في الماضي القريب . إذ توصل الاخصائيون الغربيون الى نتيجة تقول أنه يجب تجهيز الطائرات والسفن بوسائط اعماء الكتروني اثناء مجرى عمليات انتاجها ، لا بعد أن تُنتج . والطائرات الاولى التي تم التعامل معها على هذا المنوال هي الطائرات الامريكية FB – 111 وF – 15 .

رابعاً ـ كما يجري توجه نحو مزاوجة وسائط الاعماء الالكتروني مع غيرها من المنظومات وذلك لاستخدام عناصر موحدة (كالهوائيات الشبكية الطورية ، والحاسبات صغيرة الحجم) ، الامر الذي يسمح بالحد من احجام المنظومات وسهولة التعامل معها والحد من الطاقة المطلوبة للتغذية . والتوجه الجديد في بحوث وانتاج وسائط الاعماء الالكتروني هو انتاج منظومة قادرة علي التلاؤم مع التغيرات التي تحصل في المسرح الالكتروني الراديوي .

يتم انتاج وسائط الاعماء الالكتروني بعد تصميمها في الغرب ، عادة ، باعداد قليلة وذلك لتلبية الحاجات الرئيسة الاولية في حال نشوب اعمال قتالية . ولاحقاً وحسب الضرورة يتم انتاج متلاحق وسريع للاعداد اللازمة ، التي بينت الخبرة القتالية ملاءمتها أو من خلال المشاريع والمناورات التدريبية . وعلى التوازي مع انتاج وسائط الاعماء الالكتروني ، تجري اعمال تهدف الى تخفيض القدرة العاكسة الرادارية للصواريخ والسفن والطائرات وغيرها من الاعتدة القتالية وذلك من أجل الحد من امكانية اكتشافها من قبل الوسائط الرادارية واللايزرية وتلك العاملة على الاشعة تحت الحمراء .

وباعتبار أنه لا يمكن الحصول على نجاحات في الاعمال القتالية دون الحرب الالكترونية ، نحت جميع الدول المتطورة صناعياً الى اتخاذ اجراءات لتطوير اساليبها ووسائطها وتشكيلاتها . لهذا يجري في القوات المسلحة لحلف الناتو انتاج وسائط واساليب اعماء الكتروني وحماية الكترونية جديدة وتطوير الموجودة منها . وهنالك العديد من الشركات المتخصصة في هذا المجال ، كما انشغلت به العديد ايضاً من مراكز الابحاث العلمية والمؤسسات والجامعات . ويعيرون اهتماماً رئيساً لانتاج تقنية للسطع والاعماء الالكتروني وتوجيه الاسلحة .

في الوقت الحاضر ، ونظراً لاستخدام وسائط الكترونية فنية ذات ، تجهيزات اكثر فاعلية واساليب تصميمية ترفع من المقدرة على مقاومة التشويش ، فإن وسائط الاعماء الالكتروني اصبحت اكثر تعقيداً . فبدلاً من الواسطة القادرة على اعماء نوع معين من الوسائط الالكترونية الفنية ، يتم اليوم انتاج منظومات مخصصة للصراع ضد العديد من الانواع والنماذج من الوسائط الالكترونية الفنية . ويعيرون اهتماماً كبيراً لمزاوجة وسائط الاعماء الالكتروني مع وسائط التدمير الناري والإستطلاع والقيادة ، المركبة على الطائرات والحوامات والسفن والغواصات . وللتمويه عن الاستطلاع من قبل الوسائط الالكترونية الفنية ،يتم البحث عن سبل لتخفيض مساحات السطوح العاكسة الفعالة للطائرات والسفن والصواريخ وغيرها من الاعتدة العسكرية .

بهذا الشكل ، يجري في الدول الغربية تطوير وتحديث مستمرين لوسائط واساليب الاعماء الالكتروني ، وذلك حسب التطور والتحديث الذي يناله السلاح المقابل . وبدوره فإن تطوير وسائط الاعماء الالكتروني يؤدي الى البحث عن وسائط وسبل جديدة لتغطية وتمويه الوسائط الالكترونية الفنية عن السطع الالكتروني والحماية من الاعماء الالكتروني والتدمير بالاسلحة الحديثة .



الملاحق

الملحق رقم / 1 /

مجالات الطيف الكهرطيسي ورموزها الاصطلاحية

تسمية الأمواج	مجال أطوال الأمواج (م)	رموز وتسمية الترددات	المجال الترددي " هيرتز "
	المجال الراديوي		
	من الآف الكيلومترات الى 100000كم .	ELF_ أمواج قصيرة جدا جدا	أجزاء الهيرتز – 3 كيلو هيرتز
الأمواج الطويلة جدا	كم (100 – 10) ($10^4 - 10^5$)	VLF_ ترددات قصيرة جدا .	كيلو هيرتز (30 – 3) ($3.10^3 - 3.10^4$)
الأمواج الطويلة (كيلومترية)	كم (10 – 1) ($10^3 - 10^4$)	LF_ منخفضة	كيلوهيرتز (300 – 30) ($3.10^4 - 3.10^5$)
الأمواج الهيكتامترية (المتوسطة)	م (100-1000) ($10^2 - 10^3$)	MF _ متوسطة	كيلوهيرتز (3000 – 300) ($3.10^5 - 3.10^6$)
الأمواج الديكامترية (القصيرة)	م (100 – 10) ($10 - 10^2$)	HF – عالية	ميغاهيرتز (30 – 3) ($3.10^6 - 3.10^7$)
الأمواج المترية	م (10 – 1)	VHF – عالية جدا	ميغاهيرتز (300 –30) ($3.10^7 - 3.10^8$)
الأمواج الديسيمترية	سم (10-100) ($10^{-1} - 1$)	UHF – عالية جدا جدا	ميغاهيرتز (3000- 300) ($3.10^8 - 3.10^9$)
الأمواج السنتيمترية	سم (1-10) ($10^{-2} - 10^{-1}$)	SHF –	قيغاهيتز (3-30) ($3.10^9 - 3.10^{10}$)
الأمواج الميليمترية	مم (1-10) ($10^{-3} - 10^{-2}$)	EHF –	قيغاهيرتز (30-300) ($3.10^{10} - 3.10^{11}$)
الأمواج الديسيسيلميترية	مم (0,1-1) ($10^{-4} - 10^{-3}$)	–	قيغاهيرتز (300-3000) ($3.10^{11} - 3.10^{12}$)
	المجال الضوئي البصري		
أشعة تحت الحمراء	ميكرومتر (0,75-100) ($7,5.10^{-7} - 10^{-4}$)	–	قيغاهيرتز (400 – 3) ($3.10^{12} - 4.10^{14}$)
شعة الرؤيا (الفيديو)	ميكرومتر (0,4-0,75) ($4.10^{-7} - 7,5.10^{-7}$)	–	تيتاهيرتز (400-750) ($4.10^{14} - 7,5.10^{14}$)
شعة فوق البنفسجية	ميكرومتر (0,1-0,4) ($10^{-7} - 4.10^{-7}$)	–	تيتاهيرتز (750-3000) ($7,5.10^{14} - 3.10^{15}$)

الملحق رقم /2/

رموز الأعتدة الالكترونية الراديوية العسكرية

المستخدمة في الولايات المتحدة الامريكية ٠

يرمز للوسائط الالكترونية الراديوية في قوات الولايات المتحدة الامريكية في أغلب الحالات بخمسة حروف وأرقام ، على سبيل المثال :

AN/TPS 21

الحرفان الأولان (AN) يرمزان الى صنف القوات المسلحة التي تنتمي اليها هذه الواسطة (الجيش ،الطيران ــA الأسطول ــ N) ،أما العدد فهو رقم الانتاج ٠ أما الحروف الثلاثة الموجودة بعد الخط المائل فيشار الى ما تعنيه في الحقول 2 ، 3 ، 4من الجدول حسب التسلسل ٠ ومن هذا الجدول نرى أن AN/TPS-21 هي محطة (S) غير ثابتة (T) للكشف الراداري (P) ،رقم انتاجها هو ــ 21

نرى في حالات عدة أنه يتبع رقم الانتاج (التصنيع) رموز اضافية توضع بين قوسين(للمنظومة التي تتميز بنماذج عدة) :

A ــ النموذج الأول

B ــ النموذج اللاحق

T ــ نموذج تدريبي

(V) ــ تمتلك المنظومة نماذج ذات تركيبات مختلفة (على سبيل المثال:

(V)S ــ النموذج التركيبي الخامس) ٠

X ــ تغذية متميزة (جهد ،تردد ،طور)

Y ــ تتطلب تغذية استطاعتها متغيرة ٠

(XN-1) ــ نموذج تجريبي ٠

حرف	مكان التركيب أو طريقة النقل	نوع التجهيزات	الوظيفة
A	حوامات وطائرات بطيار	تحت الحمراء	مساعدة
B	غواصات وتجهيزات تحت مائية	—	قاذفة قنابل
C	منقولة جوا	تكشف افنية الاتصالات	اتصالات
D	حوامل بدون طيار	محددة احداثيات	تسديد او سطع
E	—	نووية	تشكيل تشويش سلبي
F	تجهيزات ثابتة	تصويرية	—
G	مواقع أرضية مختلفة	تلغراف(شيليتايب)	توجيه اسلحة
H	—	—	تسجيل واخراج
I	—	محادثات(اتصال صوتي)	—
J	—	كهروميكانيكية	—
K	وسائط برمائية	تيليمترية	حساب
L	—	حرب الكترونية	توجيه الكواشف الضوئية
M	وسائط أرضية محمولة (مخطورات)	ميترولوجية	خدمة واختبار
N	—	هيدروصوتية	ملاحة وتصوير
P	منظومة متنقلة (مستقلة (أوغير مستقلة)	رادارية	
Q	—	هيدروصوتية	خاصة أو متعددة المهام
R	—	اتصالات لاسلكية	استقبال
S	سفن سطح	خاصة أو متعددة المهام	كشف وتحديد المدى والاتجاه
T	تنقل برا	هاتفية (سلكية)	ارسال
U	وسائط متحركة ومواقع ثابتة	—	—
V	وسائط برية متحركة	مراقبة بصرية واتصال ضوئي	—
W	سفن سطح ،غواصات	تنتمي الى التسليح والاعتدة العسكرية	توجيه
X	—	فاكسية أو تلفزيونية	تعارف
Y	—	انتاج المعلومات	—

الرموز المختصرة المستخدمة للتعبير عن مجالات تردد

الأطياف الكهرطيسيـــــــــة

يقسم طيف الترددات الواقع بين 0 و 100 قيغاهيرتز ،المستخدم في الوسائط الالكترونيــــــــة الراديويــة العسكرية في الولايات المتحدة الامريكية الى ثلاثة عشر مجالا ،ويعبر عنها بالرموز الحرفيــة التاليــة .

الرمـــــز	المجال التـــرددي
A	(250 -0) ميغاهيرتز
B	(250-500) ميغاهيرتز
C	500 ميغاهيرتز ـ 1 قيغاهيرتز
D	(2 ـ 1) قيغاهيرتـــز
E	(3 ـ 2) قيغاهيرتـــز
F	(4 ـ 3) قيغاهيرتـــز
G	(6 ـ 4) قيغاهيرتـــز
H	(8 ـ 6) قيغاهيرتز
I	(10ـ 8) قيغاهيرتـــز
J	(20 ـ10) قيغاهيرتز
K	(40ـ20) قيغاهيتز
L	(60ـ 40) قيغاهيرتز
M	(100 - 60) قيغاهيرتز

الملحق رقم (3) . المواصفات الرئيسة لوسائط توليد التشويش الالكتروني الايجابي

الرمز، الدولة ،سنة الانتاج	الوظيفة	المجال الترددي العامل أو أطوال الأمواج	الاستطاعة	الواسطة الحاملة ومكان التركيب .	معلومات اضافية
1	2	3	4	5	6
		وسائط تشكيل التشويش الايجابي الجوية			
ALQ-70 محطة تشويش راديوي،الولايات المتحدة 1960	تشكيل تشويش تقليدي جوابي ضد محطات الرادار بالمسافة وبالاحداثيات الزاوية للحماية الفردية للطائرة	(10-3)سم	100 واط	طائرة سطع RC-135 A و(EC-130,/ 35 (في الجسم)	مجهزة بهوائي يبث في جميع الاتجاهات .
ALQ-71،الولايات المتحدة 1967 (انتجت حسب برنامج (QRC -160-2)	تشكيل تشويش تمويهي ضجيجي ضد محطات الرادار وضد قوات الدفاع الجوى الصاروخة والمدفعية	(390- 6200) ميغاهيرتز	100 واط	الطائرة F-4, A-7 F-105D, F - 101) B-57, B-52, F-105 F RB- 66 الطائرات بدون طيار AQM - 34M (في حاويات) .	صنع منها 700 مجموعة . وزن الحاوية 150 كغ . يمكن استبدالها بالمحطة ALQ-87
ALQ - 72 الولايات المتحدة 1967 (انتجت حسب برنامج QRC - 160 - 1	تشكيل تشوش معدل بتردد كنس محطات رادار الالتقاط و التسديد	(5200-10900) ميغاهيرتز	150 واط (الكثافة الطيفية للاستطاعة : 15 واط/ميغاهيرتز)	طائرات القوى الجوية F-4, F-105D , F-101 B-52 , F-105 E RB-66 . B-57 (في حاويات)	صنع منها 300 مجموعة

1	2	3	4	5	6
		وسائط تشكيل التشويش الاجابي الجويـــة			
ALQ - 87 الولايات المتحدة 1972	تشكيل تشويش ضجيجي جوابي للحماية الفردية للطائرات من محطات الرادار وصواريخ ومدفعية م/ط	(8 - 20) قيقاهيرتز	400 واط (كثافة الاستطاعة 25 واط/ ميغاهيرتز	الطائرات F-100, F-4 F-105 , F-111 (في حاويات)	مرســـل
ALQ - 92 الولايات المتحدة 1968	تشكيل تشويش ضجيجي تموبهي على الاتصالات اللاسلكية	(30 - 300) ميغاهيرتز		طائرة EA-GB B-52 (في الجسم)	عبارة عن جزء من المحطة ALQ-99 يركب بشكل منفصل على الطائرات EA-6B فقط .
ALQ -94 الولايات المتحدة	تشكيل تشويش مركب ضجيجي ونبضي جوابي للحمايـــــة الفردية من محطات الرادار	(2000-12000) ميغاهيرتز	500 واط	الطائرات F-111A FB-111 (في حاويات)	يستعاض عنها بالمحطة ALQ - 137
ALQ - 98 الولايات المتحدة	تشكيل تشويش ضجيجي ضـــد الوسائط الالكترونية الرادايوية الموجهة للصواريخ المجنحـــة .			حوامات سلاح البحرية (في غرف الطائرات)	مرسل ذي صمام موجات راكفة

1	2	3	4	5	6
		وسائط تشكيل التشويش الايجابي الجويـة			
ALQ- 99 الولايات المتحدة 1980 - 1972 (أنتجت أربعة نماذج منها : C B ، D، E)،	تشكيل تشويش ضجيجي تسديدي وحاجبي لحماية طائرات سلاحي القوى الجوية والبحرية حماية جماعية من محطات رادار الكشف البعيد واعطاء الدلالة لمنظومات الصواريخ والمدفعية م/ط وتوجيه الطائرات المقاتلة المطاردة	(10,5- 0,05) قيقاهيرتز (10 مجالات)	(2-1) كيلو واط على النظام المستمر(الكثافة الطيفية للاستطاعة من واط/ميغاهيرتز الى كيلو واط/ميغاهيرتز عامل تضخيم الهوائي من(20-200 عرض المخطط الاشعاعي الاحداثي 30^{o}، الكمون الطاقوي واط($10^{4}-10^{5}$) = $(P_n \cdot G_n)$	طائرات الحرب الإلكترونية EA-6B(في ست حاويات يحتوي كل منها على مستقبل ومرسلين) و EF - 111A (في الجسم)	مرسل على صمامي موجات راكفة يمكنه اعماء (3-2) محطة رادار معاد يتحكم بعمل المحطة عامل يساعد حاسوب الكتروني. AL-99E تستخدم بالارتباط مع منظومة الانذار عن وجود منظومة اشعاعات ALR-62 ،ومع منظومة الانذار عن وجود اشعاعات تحت حمراء ومنظومة الحماية الفردية ALQ-137 .
ALG-101- V(8) الولايات المتحدة 1969	تشكيل تشويش ضجيجي تمويهي وجوابي تقليدي ضد محطات رادار توجيه صواريخ م/ط	(10-2) قيقاهيرتز	200واط	المطاردات التكتيكية في سلاح جو الولايات المتحدة : RF-4C,F-4 والمانيا الغربية F-4F ، وبريطانيا (بوكانير) ،وفي الطيران الاسرائيلي والايراني. (في حاويات)	مرسل على سمام موجات راكفة هنالك 10 نماذج من 1 (V)حتى 10 (V). أنتج منها في الستينات 600 مجموعة . يستعاض عنها بالمحطة نموذج ALQ-119 (V)
ALQ - 10؟ الولايات المتحدة	اعماء الوسائط الالكترونية الراديوية الموجهة للصواريخ المضادة للسفن .			حوامات سلاح البحرية (في حاويات)	نموذج من نماذج المحطة ALQ - 98

1	2	3	4	5	6
		وسائط تشكيل التشويش الايجابي الجويـــة			
ALQ-108 الولايات المتحدة	تشكيل تشويش ضد محطات التعارف الراداريـة (عدو – صديق)			الطائرات EC-2C, F-4 E-2C , C-2 EP - 3E	
ALQ-117 الولايات المتحدة 1973	تشكيل تشويش ضجيجي ونبضي جوابي مركبي ضد محطـــات رادار توجيه الصواريـــخ والطيران المطارد .	(10-8) قيقاهيرتز		القاذفات الاستراتيجية B-1 B-52H , B-52G والطائرات طراز F-4 A (في الجسم)	تم انتاج 600 مجموعة
ALQ-119(V) الولايات المتحدة 1972	تشكيل تشويش تمويهي (ضجيجي) وتقليدي (جوابي) ضدمحطات رادار توجيه الصواريخ و المدفعية م / ط	(20-2) قيقاهيرتز		الطائرات التكتيكية للولايات المتحدة واسرائيل وتركيا F-111, F-16, F-4 A-10 (في حاويات)	مرسل على صمام موجات راكفة. عدل التصميم 5 مرات،وكان آخر نموذج هو $12-(V)$ ALQ-119 (1979) مع المستقبل ALR-69 وحاسوب رقمي انتج منها 1600 مجموعة . يستعاض عنها بالمحطة ALQ - 131 .
ALQ - 122 الولايات المتحدة	تشكيل تشويش ضجيجي وجوابي لاعماء محطات رادار الدفاع الجوي .			القاذفة الاستراتيجيـــة B-52	
ALQ-126 الولايات المتحدة 1973	تشكيل تشويش جوابي نبضي للحماية الفردية للطائرات من محطات رادار توجيـــه صواريخ م/طوصواريخ(جو-جو)	(10-2) قيقاهيرتز	2 كيلو واط في النبضة (عرض المخطط الاحداثي الاشعاعي للهوائي 60°،زاوية ميلانة عن الافق الى الاسفل 15°)	طائرات سلاح البحرية في الولايات المتحدة A-6 A-7, F-4, EA-68 F-104 . F-18 وفي هولندا على F-104G (في الجسم)	احدث نموذج هو ALQ-101 يستطيع اعماء عدة محطات رادار دفعة واحدة قطع دارات ملاحقة الهدف بتغيير التأخير الزمني للنبضات من(120حتى 4) ميكروثانية . انتج منه 1500 مجموعة .

1	2	3	4	5	6
		وسائط تشكيل التشويش الايجابي الجوية			
ALQ - 130 1974 لايات المتحدة	اعماء وسائط الاتصالات اللاسلكية القصيرة جدا التي تقوم بتوجيه الطيران المطارد المقاتل .	(100 - 300) ميغاهيرتز	200واط	طائرات سلاح البحرية A-4 ، A-7 و F-4 و E-6B (في الجسم)	تشكل تشويشا نبضيا وضجيجيا تسديديا عريض المجال . صممت انطلاقا من النموذج ALQ-92
ALQ - 129 الولايات المتحدة	اعماء محطات رادار توجيه الصواريخ م/ط عن طريق قطع دارة الملاحقة الاتوماتيكية للهدف .	(8 - 20) قيقاهيرتز		طائرات الولايات المتحدة F-14, F-4 و A - 7 (في الجسم)	
ALQ - 131 1980 الولايات المتحدة أنتجت حسب برنامج QRC - 559 لاستبدال النموذج (ALQ-119)	تشكيل تشويش ضجيجي تسديدي وتقليدي (جوابي) مركب للحماية الفردية للطائرات بطريقة ازاحة أنظمة الملاحقة الاتوماتيكية للاهداف الموجودة في محطات رادار الدفاع الجوي .	(2 - 20) ميغاهيرتز	300واط	طائرات الولايات المتحدة F-16, F-4, FB-111 AV-88, A-10, A-7 (هاريير) في الجسم . كما توجد في الاسلحة الجوية لباكستان وهولندا والنرويج واسبانيا واليابان .	تتالف من مستقبل وعدد من المرسلات يتراوح بين (1-5) يخطط لشراء 1000 مجموعة . يؤمن التصميم التعديلي والحاسب الالكترو- ني تشكيل 40 احتمال لتعديل التشويش .
ALQ- 135 1978 الولايات المتحدة	تشكيل تشويش ضجيجي حاجبي وجوابي نبضي لاعماء الوسائط الالكترونية الراديوية ذات الاشعاع المستمر والنبضي .	(1-18) قيقاهيرتز ويرتفع في المستقبل ليصل (1-20) قيقاهيرتز		الطائرات المطاردة المقاتلة F-16 , F-15, F-18 (في الجسم) .	تدخل في عداد نظام الحرب الالكترونية طراز TEWS

1	2	3	4	5	6
		وسائط تشكيل التشويش الايجابي الجوية			
ALQ-136 الولايات المتحدة 1983	تشكيل تشويش تقليدي(جوابي) للحماية الفردية للطائرات والحوامات من محطات رادار الدفاع الجوي .	(20-2) قيقاهيرتز		حوامات الدعم الناري AH-64A; AH-1S (في الغرف) ،وعلى الطائرة RU-21	الوزن 20كغ، نحصل على الدلالة عن الأهداف من المستقبل نموذج APR- 39 .
ALQ-137 الولايات المتحدة 1980	الحماية الفردية للطائرات بقطع دارات الملاحقة الاوتوماتيكية لمحطات رادار توجيه صواريخ م/ط بالمسافة والسرعة .	(20 - 2) قيقاهيرتز	1كيلو واط في النبضة (100واطعلى نظام الاشعاع المستمر) .	القاذفات المطاردات F-111 EF-111, FB-111A	صممت انطلاقا من النموذج ALQ-94 مرتبطة مع مستقبل الانذار ALR-62 تشكل تشويشا ضجيجيا مستمرا و تقليديا، تعمل أيضا على نظام اعادة الارسال والارسال والاستقبال في نفس الوقت زمن رد الفعل (الاستجابة) 100 نينا ثانية .
ALQ-137 (مالتوس) الولايات المتحدة 1983	اكتشاف واعماء محطات الرادار الارضية التابعة لقوى الدفاع الجوي وبطاريات مدفعية الميدان ومحطات السطح .	(8,5 - 17) قيقاهيرتز	40واط	حوامات الحرب الالكترونية التابعة للقوات البرية EH-60A ., EH-1H	يمكنها اعماء من 4 الى 6 محطات رادار بعمق 30 كم، تستخدم في تركيب فرق السطح والحرب الالكترونية وفي الالوية المستقلة منها.
ALQ-149 الولايات المتحدة 1987	اعماء الاتصالات اللاسلكية على الامواج القصيرة جدا	(100-156) ، (225-400) ميقاهيرتز.		طائرة الحرب الإلكترونية EA - 6B	يمكن اكتشاف ثلاثة اتصالات لاسلكية في نفس الوقت.

1	2	3	4	5	6
		وسائط تشكيل التشويش الايجابي الجوية			
ALQ-151 (كويك فيكس - 2) الولايات المتحدة 1971	التقاط الاشارات اللاسلكية وتحديد الاتجاه الى وسائط الاتصالات التي تمر خلال طبقة التروبسفور واعمائها.	(1,5 - 80) ميغاهيرتز	150 واط (مدى التأثير 100 كم)	تحمل المنظومة على ست حوامات نموذج EH-60A التي تنفذ رحلة على بعد 15كم عن خط التماس بين القوات.	يستخدم في كل فرقة ثلاث منظومات أما في اللواء فاثنتين. يمكنها في نفس الوقت كشف واعماء ثلاثة اتصالات لاسلكية على عمق يصل حتى 30كم.
ALQ-150 " سيفاير- تايغر" الولايات المتحدة 1984	كشف واعماء منظومات اللاسلكي الموجه والاتصالات التي تتم في طبقة التروبسفير	(60 - 9000) ميغاهيرتز	(3 - 10)كيلو وات (مدى التأثير من 50 حتى 70 كم).	تركب المنظومة على ثلاث طائرات نموذج RU-21 بعدد من المجموعات قدره اربع.	تستخدم في الأجنحة والفرق البرية. تتألف من مستقبل راديوي ومرسل تشويش راديوي
ALQ - 155 الولايات المتحدة منتصف السبعينات.	اعماء محطات رادار الدفاع الجوي			الطائرة الاستراتيجية B-52G و B-52H	تحتوي على 8 مرسلات تشويش و توجه بواسطة حاسوب الكتروني.
ALQ -161 الولايات المتحدة 1985	تشكيل تشويش تمويهي وتشويهي للمعلومات مركب لحماية الطائرات فرديا وجماعيا من محطات توجيه صواريخ م/ط العاملة على الموجات القصيرة جدا متعددة النبضات وذات الاثر الدوبلري، ومحطات الرادار النبضية المركبة في الطائرات المطاردة والمقاتلة.	(3,3 - 20) قيقاهيرتز	(1 - 2) كيلو واط	القاذفة الاستراتيجية B-1 B.	تتركب من مستقبل راديوي متعدد الاقنية ومرسلات تشويش. تتألف المنظومة من 97 وحدة بنماذج عددها 46، قابلة للتبديل. يقوم الحاسوب الالكتروني بحساب استطاعة التشويش الواجب تشكيله.

1	2	3	4	5	6
		وسائط تشكيل التشويش الايجابي الجويـــة			
ALQ-162 الولايات المتحدة 1982 (صممت على اساس النموذج ALQ-135)	للحماية الفردية للطائرات عن طريق اعماء رؤوس التوجيه الذاتية للصواريخ م/ط ذات الاشعاعات المستمرة .	(10 - 2) قيقاهيرتز		الطائرات نموذج A-4M , OV-1D, F-45, A-7E RU-21, RV-1D, EH-60 EH-1) (في الجسم وفي حاويات)	ترتبط مع انظمة انذار عن وجود اشعاعات وتوجيه الصواريخ ALR-45، ALR-50 او APR-43 يخطط لشراء 860 مجموعة منها.
ALQ-164 الولايات المتحدة 1982	الحماية الفردية للطائرات			طائرات القوى البحرية (في حاوية) .	
ALQ-165(V) الولايات المتحدة 1986	الحماية الفردية للطائرات التكتيكية من تدمير صواريخ م/ط الموجهة والطيران القاذف عن طريق الاعماء المتوازي بعدد من محطات الرادار	(0,7 - 18)قيقاهيرتز (بدون تبديل في الاجهزة يتوقع، ادخال مستقبل كشف ومرسل يعملان على موجة طولها 8 مم .	2كيلو وات على نظام البث النبضي و(100 - 200) وات على نظام البث المستمر	طائرات سلاح الجو وطائرات الاسطول الحربي طراز F-14D F-111, F-16, A-6F , F/A-18, EA-6B وطائرات المشاة البحرية AV- 8B وفي المستقبل ستزود بها طائرات القوى البرية (في حاويات او تركب في اجسام الطائرات) .	محطة المستقبل ستعمل على صمامات الموجات الراكفة . ويتوقع ان يتم في نهاية الثمانينات تركيب هذه المحطة على 2500 طائرة قتال تدخل في تركيب نظام المعاكســة الالكترونية المشترك ASPJ وزن المحطة 110 كغ طولها فـــي الحاوية 2,5 م .

1	2	3	4	5	6
		وسائط تشكيل التشويش الايجابي الجوية			
ALQ-17(V) محطة تشويش الكتروني مؤتمتة . الولايات المتحدة 1982	الحماية الفردية للطائرات بتشكيل تشويش نبضي مستمر ضد محطات رادار منظومات صواريخ م/ط الموجهة ومدفعية م/ط المختلفة الامدية، وضد رؤوس التوجيه الذاتية للصواريخ ومحطات رادار توجيه اسلحة الطائرات المقاتلة الاعتراضية .	(2-20) قيقاهيرتز (البحث عن اشارات الوسائط الالكترونية وتحليلها) 6-20 قيقاهيرتز (لتشكيل تشويش الكتروني)		الطائرات F-5F, F-5E . RF-5C , F-20 (في الغطاء الانسيابي مركبة في الجزء السفلي من الجسم) F-16, F-4 (في حاوية معلقة)	يدخل في تركيب المحطة مستقبل متعدد الاقنية ونظام انذار ومستقبل سوبرهيترودايني ونظام تحكم رقمي واربعة مرسلات يمكن التحكم باستطاعات تشويشها، يتميز هوائي المحطة بمخطط اشعاعي يسمح باعماء عدة محطات رادار دفعة واحدة .
ALQ-176(V) 1983 الولايات المتحدة	كشف محطات الرادار وتشكيل تشويش الكتروني ضجيجي	(1 - 15,5) قيقاهيرتز	(150 - 400) واط	الطائرات المطاردة	تحتوي على 5 مرسلات تشويش ذات استطاعات عالية، تعمل على الماغنترونات القابلة للتوليف .
ALQ-234 1982 ايطاليا	حماية الطائرات من صواريخ م/ط الموجهة ومدفعية م/ط بتشكيل تشويش جوابي ضد محطات الرادار ذات الاشعاع النبضي والمستمر .	(6-20) قيقاهيرتز	-	طائرات سلاح الجو (في حاويات)	
ALT 6A/B الولايات المتحدة	اعماء محطات رادار توجيه مدفعية م/ط بواسطة تشويش ضجيجي معدل سعويا	(350-10500) ميقاهيرتز (عرض طيف التشويش (1-18) ميقاهيرتز .	واط 1500 كثافة الاستطاعة (30 - 100) واط / ميقاهيرتز	القاذفات نماذج B-47 وB-57, B-52 EB-66C (تركب في الجسم)	

1	2	3	4	5	6
وسائط تشكيل التشويش الايجابي الجوية					
ALT-15 الولايات المتحدة	اعماء الاتصالات اللاسلكية	(30-300) ميقاهيرتز	(100-200) واط	الطائرات نماذج B-52، EC-121H , EC-66C (في الجسم) .	
ALT-16D 1962 الولايات المتحدة	تشكيل تشويش حاجبي وتمويهي ضد محطات رادار الكشف وانتاج الدلالة عن الاهداف	(1000- 500) ميقاهيرتز (10مجالات ترددية)	200 واط	الطائرات نماذج B-52D و B-52H, B-52G . EC-121H	تعمل على صمامات الموجات الراكضة .
ALT-28 الولايات المتحدة	اعماء محطات رادار الكشف وتأمين الدلالة لقوات الدفاع الجوي بواسطة التشويش التمويهي	(2-8) قيقاهيرتز	300 واط	القاذفات الاستراتيجية B-52D, B-52H, B-52G (ست محطات في كل طائرة)	تشويش ضجيجي تسديدي وحاجبي بعرض طيف تشويش يتراوح بين (20 - 300) قيقاهيرتز
ALT-31 الولايات المتحدة	تشكيل تشويش ضجيجي حاجبي	(1000 - 500) ميقاهيرتز	200 واط	الطائرات B-52 و EC-121H	نموذج معدل عن مرسل التشويش ALT-16
ALT- 32 الولايات المتحدة	اعماء الاتصالات اللاسلكية على الأمواج القصيرة جدا			الطائرات B-52 (3 مرسلات) و EC-121H	
ASPJ . منظومة معاكسة الكترونية 1986 الولايات المتحدة	كشف وتحليل مواصفات اشارات الوسائط الالكترونية الرادوية والتقدير الاتوماتيكي للوضع الالكتروني واختيار اكثر انواع التشويش ملائمة واعماء محطات رادار الكشف وانتاج الدلالة وتوجيه منظومات صواريخ ومدفعية م/ط الموجهة والحماية الفردية للطائرات	(0,7-18) قيقاهيرتز	2 كيلو واط من نظام البث النبضي	الطائرات EA-6B, A-6E F/A-18, F-16, F-14 (تركب في شراع الطائرة) و AV-8B (في حاوية)	تتألف من محطتي تشويش راديوي نموذج ALQ-165 ومستقبل الكشف ALR-67 (على طائرات الاسطول الحربي) او ALR-69 (على طائرات سلاح الجو) ، ومن جهاز للتعامل مع الاشارات الراديوية .

1	2	3	4	5	6
		وسائط تشكيل التشويش الايجابي الجوية			
ARI-18025 بريطانيا	اعماء محطات رادار قوات الدفاع الجوي	طول الموجة 10 سم .	350 واط	القاذفات" فولكان"	المرسل المصمم على عناصر الكترونية قاسية .
AQ-31 سويسرا	اعماء محطات الرادار ذات الاشعاع المستمر	(2-20) قيقاهيرتز		الطائرات التكتيكية	تعمل بالاشتراك مع المستقبل الراديوي AR-753
جيم – بك 1982 الولايات المتحدة	اعماء محطات الرادار الارضية التابعة لقوات الدفاع الجوي	(1-15,5) قيقاهيرتز	150 واط ضمن المجال الترددي (15,5-4,5) قيقاهيرتز و400 واط ضمن المجال (2 – 4,5) قيقاهيرتز و 800 واط ضمن المجال (2-1) قيقاهيرتز .	طائرات القوى الجوية لدول حلف ناتو ماعدا الولايات المتحدة (مغلفة بصفائح زجاجية بلاستيكة وتركب تحت جسم الطائرة) .	مرسل ذي ماغنترون قابل للتوليف. هوائي مفلع،ذا مخطط احداثي اشعاعي 120^{o} في المستوى الافقي ومن 5^{o} + حتى 55^{o} – بالنسبة لمحور الطائرة العمودي.
ELT- 457 , ELT-460 ايطاليا (من 1982 عائلة محطات التشويش الالكتروني).	الحماية الفردية للطائرات	حتى 20 قيقاهيرتز		المطاردات والمغيرات(في حاويات)	تعمل من العنفة النفاثة مع وصلة لتيار الهواء المغير.
EL/K-7010 اسرائيل.	(الحماية المشتركة للحوامات والطائرات التكتيكية)	(0,5-18) قيقاهيرتز	(20-400 ..) واط	طائرات الحرب الالكترونية (هاعرافا)	تعمل بالاشتراك مع محطات السطح اللاسلكي الفني EL/L-8310
IHS-6 1982 ايطاليا	الحماية الفردية للحوامات والطائرات	(1 - 8) قيقاهيرتز		حوامات وطائرات ايطاليا	
1986 كايمان فرنسا	اعماء محطات رادار الدفاع الجوي بهدف الحماية الفردية للمطاردات التكتيكية	(1-40) قيقاهيرتز	1 كيلو واط	المطاردة التكتيكية ميراج F-2000, F-1 GR.1	تتألف من مستقبل كشف ومرسلين تتميزان بمجال ترددي واسع ومنظومة هوائيات وزنها 550كغ،طول الحاوية 5,9م.

1	2	3	4	5	6
		وسائط تشكيل التشويش الايجابي الجوية			
ULQ-11 "سيفرم-ليدر) منظومة معاكسة الكترونية • الولايات المتحدة منتصف السبعينات	كشف والتقاط الارسالات الراديوية والتسديد الىمحطات اللاسلكي واعماء وتمويه انظمة الاتصالات العاملة على انظمة التعديلين السعوي والترددي	(80 - 2)ميقاهيرتز	500واط على التردد 2 ميقا هيرتز و 70واط على التردد 80ميقاهيرتز	تركب على تسع طائرات طراز RU-21H بما فيها :منظومة التسديد الراديوي على اربع طائرات (نموذج A)، والالتقاط والتوجيه على ثلاث طائرات (نموذج B)، ووسائط التشويش الايجابي على طائرتين (نموذج C) •	تستخدم في فيالق جيوش الولايات المتحدة •
VLQ-67 الولايات المتحدة	التفجير المسبق لمفجرات القذائف المختلفة			طائرات القوات البرية طراز OV-1 •	

1	2	3	4	5	6
		وسائط التشويش الالكتروني البرية ،			
ADEWS منظومة حرب الكترونية الولايات المتحدة	كشف واعماء محطات رادار انظمة الملاحة والقصف الجوية.	(17000 - 500) ميغاهيرتز	1 كيلو وات على النظام النبفي.		تستخدم في بطاريات المواريخد/ج "باتريوت" بالتعاون مع محطات رادار الدفاع الجوي تتألف من محطة سطع راداري ومحطة التشويش متعددة المهام • ULQ-14
FAIRS 1977 الولايات المتحدة	كشف وتحديد الاحداثيات واعماء وسائط الراديو الجوية والبرية.	(1000 - 200) ميقاهيرتز		ثابتة ومتحركة	يدخل في عدادها محطة مركزية وعدد من المحطات البعيدة ثابتة أو متحركة ومستقبل متابعة تابع لمنظومة FSR-1000 • يتم التحكم بها بواسطة حاسوب الكتروني صغير •
GLQ-3A 1977 الولايات المتحدة	تشكيل تشويش ضد وسائط الاتصالات القصيرة جدا الارضية والجوية وضد وسائط الملاحة الراديوية ذات التعديل السعوي والترددي والطوري	(230-20) ميقاهيرتز	1275 واط الوسطى اذا كان الهوائي عمودي و 2300 واط اذا كان الهوائي متعدد المراحل •	على عربة حمولتها 2,5 طن ذات مقطور •	تؤلف بشكل مسبق على 20 تردد يمكن أن تنوب عنها المحطة MLQ-34
MLQ - 22 الولايات المتحدة.	تشويش ضد محطات الرادار ووسائط الاتصال.	(2000 - 2) مُيقاهيرتز	500 واط	عربة ذات مقطور.	كل واحدة تتألف من مستقبلين واربع مرسلات •
MLQ- 29, 30, 31 محطة تشويش متعددة المهام • الولايات المتحدة.	تشويش ضد محطات الرادار ووسائط الاتصالات •	(350 - 1,5) ميقاهيرتز .	200 واط	على عربة أو بـ ت ر •	يمكن استخدامها في منظومات السطع الراديوي والتشويش الالكتروني الاستراتيجية 466L •

1	2	3	4	5	6
		وسائط التشويش الالكتروني البرية			
MLQ- 33 الولايات المتحدة 1984	تشويش ضد الاتصالات على الامواج القصيرة جدا.	(100 -450) ميقاهيرتز	4 كيلو واط	عربــــة	في وحدات السطع وفرق الحرب الالكترونية .
MLQ - 34 " تاكجام " الولايات المتحدة 1983.	تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية	(20 - 150) ميقاهيرتز	1,3 كيلو واط (الكمون الطاقوي 3-4 كيلو واط)	مقطورتان مجنزرتان مدرعتان.	في وحدات السطع وفيالق وفرق الحرب الالكترونية التابعة لجيوش تعمي ثلاثة اتصالات لاسلكية في نفس الوقت على مسافة 30 كم. يتم نشرها على بعد (3-5) كم عن خط التماس القتالي للقوات. يمكنها ان تعمل من على قواعد قصيرة .
R-405 J بريطانيا 1978	تشويش ضد محطات رادار السطع البري	(1000 - 16000) ميقاهيرتز	200 واط	اربع عربات حمولة كل منها 2,5 طن .	زمن النشر 5 دقيقة .
RJS 3100 بريطانيا ، بداية الثمانينات	تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية العاملة على الامواج القصيرة جدا في القوى البرية.	(20 - 80) ميقاهيرتز	500 واط مع مضخم يصل حتى 2000 واط	عربــــة	يمكنها أن تسطع 16 ترددا محددة مسبقا وتولد التشويش اوتوماتيكيا بأفضليات محددة . تتألف من مستقبلين ومرسل تشويش واحد .
RJS3105 بريطانيا 1984	تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية الجوية .	(100 - 156) و (225 - 400) ميقاهيرتز	من 400 حتى 800 واط ، حسب المجال الترددي	عربــــة	يمكنها تشكيل تشويش دون تدخل الانسان. تتألف من مستقبلين ومرسلي تشويش.

1	2	3	4	5	6
		وسائط التشويش الالكتروني البري			
TLQ-15 1969 الولايات المتحدة	تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية القصيرة الامواج	(1,5 - 20) ميقاهيرتز	2 كيلو واط	عربة حمولتها 1,25 طن ذات مقطور .	في مجموعات السطح والحرب الالكترونية التابعة لفيالق الجيوش .
TLQ- 17A منظومة تشويش الكتروني 1980 الولايات المتحدة	تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية قصيرة الامواج وقصيرتها جدا .	(1,5 - 80) ميقاهيرتز	500 واط على النظام المستمر كيلو وات على النظام النبضي .	عربة حمولتها 1,25 طن ذات مقطور او عربة مجنزرة	تدخل في عداد فوج سطع وحرب الكترونية تابع لفرقة . يتم نشرها على مسافة (1-3) كم عن خط المواجهة مع العدو. يمكنها العمل اثناء المسير .
VLQ-4 الولايات المتحدة	أيضا	(0,5 - 76) ميقاهيرتز	250 واط	عربة	مصنعة على قاعدة المحطة اللاسلكية VRC-12
ULQ - 12,14 1983 الولايات المتحدة	كشف محطات الرادار البرية والجوية وتوجيه نيران المدفعية البرية والهاون ومحطات رادار الدفاع الجوي والتسديد عليها واعمائها.	(8,5 - 17) قيقاهيرتز		حاوية عسكرية ،تقطر بعربة حمولتها 1,5 طن	تعمي (4-6) محطات رادار برية معا، وفيها امكانية الاتصال مع انظمة الحرب الإلكترونية الجوية نموذج ALQ-143 ومنظومة السطع الراداري MSQ-143 والمنظومة مماثلة للمحطة ALQ-43 فيما عدا هوائياتها . يصل مدى اعماء محطات الرادار حتى 15 كم.
SLQ- 19 الولايات المتحدة	تشويش على الوسائط الالكترونية الفنية التي توجه الصواريخ المجنحة .	(2000-20000) ميقاهيرتز		على المدمرات	

1	2	3	4	5	6
		وسائط التشويش الإلكتروني البحريـــة			
SLQ-17 الولايات المتحدة.	تشويش تمويهي وجوابي و تقليدي وازاحي ضد محطات رادار الطائرات والسفن والصواريخ المجنحة .	(7 - 18) قيقاهيرتز		حاملة الطائرات . "انتربرايز" وغيرها.	تعمل بالارتباط مع المستقبل الراديوي WLR-8. يدخل في ذاكرة الحاسوب المنظومة معلومات عن 40 نوعا من انواع رؤوس التوجيه الذاتية الصاروخية و محطات الرادار .
SLQ-29 نظام معاكسة الكترونية الولايات المتحدة ، 1980.	سطع واعماء رؤوس التوجيه الذاتية للصواريخ المضادة للسفن .	السطع الراداري (50-18000) ميقاهيرتز التشويش (7-18) قيقاهيرتز .		حاملات الطائرات .	تتألف المنظومة من محطة السطع الالكتروني الفني WLR-8 ومحطة التشويش الايجابي SLQ-17A (يدخل في ذاكرة حاسوب المنظومات معلومات عن 40 نوع رؤوس توجيه ذاتية للصواريخ) ،واربع قواعد اطلاق ونظام تشكيل تشويش سلبي نموذج MK 36 .
SLQ-32(V) منظومة معاكسة الكترونية الولايات المتحدة (بدلا من مستقبلات السطع WLR-1و ومرسلات التشويش ULQ-6)	الكشف والاعماء والتسديد على محطات الرادار الجوية والبحرية ورؤوس التوجيه الذاتي للصواريخ واصدار تشويش نبضي وضجيجي ومختلط وتسديدي ايجابي وسلبي لحماية السفن من الصواريخ.	(0,5 - 20) قيقاهيرتز	(1250 - 4200) واط حسب نوع السفينة .	على الطرادات والمدمرات والفرقاطات وعلى سفن التأمين الصغيرة وسفن الأنزال الكبيرة ولاحقا على الطائرات وسفن الاسطول البحري .	تتألف المنظومة من محطات سطع الكتروني فني، وتشويش الكتروني وقواعد تشكيل تشويش سلبي نموذج MK36 . يمكنها ،في نفس الوقت، اعماء حتى 80محطة رادار لها ثلاثة نماذج ،مخصصة للتركيب على السفن ذات الحمولات الصغيرة والمتوسطة والكبيرة . يتوقع ان تجهز بها 300سفينة .

1	2	3	4	5	6
		وسائط التشويش الالكتروني البحرية			
" كاتليس " بريطانيا 1979	اعماء محطات رادار الطائرات والسفن .	(1000 -18000) ميقاهيرتز		على الفرقاطات وسفن الحراسة وغيرها من السفن وعلى طائرات وحوامات الاسطول البحري.	تتألف المنظومة من محطات سطح الكتروني فني وتشويش ايجابي نموذج RCM-2 وحاسوب وشاشة عرض يعرض معلومات عن 150 محطة رادار .
EWS-905 منظومة معاكسة الكترونية . النروج 1979	البحث والكشف والتعارف على الاشارات وتحليلها والتسديد على محطات الرادار وتحديد مصدر الخطر وانذار الاطقم من الاشعاع الراديوي وتشكيل تشويش الكتروني سلبي وايجابي .	(1 - 18)قيقاهيرتز		زوارق الدورية.	يظهر على شاشة صمام الاشعة المهبطية مواصفات اشعاعات خمس محطات رادار .
INS-1 منظومة معاكسة الكترونية . ايطاليا .	ايضـــا .	(1 - 18) قيقاهيرتز .		على سفن متوسطة الحمولة.	

1	2	3	4	5	6
		وسائط التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة			
ALQ -134 الولايات المتحدة 1973	تشويش حاجبي ضجيجي ضد محطات رادار الدفاع الجوي.	(3000–2000) ميقاهيرتز .	10 واط	رشاش ALE-24 وتطلق بواسطة مضادات	مستقبل – مرسل، ابعاده 7x5 × 5 × 12,5 سم ،حجمه 250 سم ، وزنه 0,5 كغ •
GLT – 3 الولايات المتحدة 1973	تشويش ضجيجي تسديدي وحاجبي ضد محطات رادار الدفاع الجوي •	(4000–2000) ميقاهيرتز .	10 واط	جناح مظلي موجه بواسطة حاوية نموذج SUV-25	مرسل يعمل على صمام الماغنترون له 15 نموذج يعمل حتى 30 دقيقة •
مرسلات ذات استخدام لمرة واحدة سفينية . الولايات المتحدة •	تشويش ضد محطات الرادار واتصالات الامواج القصيرة جدا وتشكيل اهداف كاذبة •	المجال السنتيمتري والمتري.	كثافة استطاعة التشويش 1 واط/ ميقاهيرتز.	تطلق من مدافع بحرية او بواسطة صواريخ•	
مرسل تشويش صغير شركة RCA الولايات المتحدة •	تشويش حاجبي ضد محطات رادار الكشف التابعة لانظمة الدفاع الجوي •	(1000– 500) ميقاهيرتز .		رشاش ALE – 29 قذف بواسطة مظلات •	مصنع من عناصر قاسية •
مرسل تشويش هاوني الولايات المتحدة .	تشويش ضد الاتصالات على الامواج القصيرة جدا •	(30 – 500) ميقاهيرتز .		هاون عياره 81 مم•	
مرسل تشويش ضد محطات الرادار • الولايات المتحدة	تشويش ضد محطات الرادار .	(10000 – 20000) ميقاهيرتز .		الغام وقذائف مدفعية و طائرات • ترمى بواسطة المظلات •	
مرسل تشويش الكتروني شركة Tasker Indastries الولايات المتحدة.	تشويش ضد محطات رادار منظومات الدفاع الجوي . •	(8000 – 10000) ميقاهيرتز .	10 واط	رشاش ALE-29, 39 او بواسطة مظلات بحاويات نموذج SUV – 25.	الطول 12,5 سم• زمن العمل حتى 10 دقيقة •

1	2	3	4	5	6
		مرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة			
T - 1219 الولايات المتحدة 1974	تشويش ضجيجي ضد الاتصالات على الامواج القصيرة جدا وضد محطات الرادار .	(100 - 250) ميقاهيرتز	10 واط	رشاش ALE-29A, 39 قذف في مظلة	القطر 3,5 سم ،الطول 13,5 سم ،زمن العمل حتى 5 دقيقة .
	وسائط التشويش الضوئي (الوسائط الالكترونية الضوئية)				
ALQ-4,-8 الولايات المتحدة ، 1974	تشكيل تشويش على الاشعة تحت الحمراء ضد وسائط المراقبة للصواريخ الموجهة.			الطائرات EB-66 A-7 (AAQ -4) F-4,-8 (AAQ-8) فـي حاويـة	مصدر اشعة تحت حمراء ،تشع نبضات ،عرضها 50 ميكروثانية ضمن مجال الاشعاعات الخرارية للمحركات الجوية .
ALQ-104, 107 الولايات المتحدة ، 1972	تشكيل تشويش على الاشعة تحت الحمراء ضد وسائط توجيه الصواريخ لحماية حوامات وطائرات طيران القوات البرية .			على الحوامات(ALQ-107) والطائرات(ALQ-104) داخل الجسم .	مصدر اشعة تحت حمراء ـ صمام نبفي من السيزيوم.
ALQ - 123 الولايات المتحدة 1974	تشكيل تشويش على الاشعة تحت الحمراء ضد وسائط توجيه صواريخ الدفاع الجوي عن طريق اشعاع تيار من النبضات الضوئية لتفليل وقطع دارة الملاحقة الاتوماتيكية في رأس التوجيه الذاتي للصاروخ .	(1,5 - 5) ميكرومتر .	(10 - 20) واط اشعاع مستمر .	طائرات الاسطول البحري F-15, A-6, F-4 F-16, EF-111A A-4M	مصدر اشعة تحت حمراء ـ صمام من السيزيوم . القطر25 سم ،الطول 260 سم ، 170 كغ .

1	2	3	4	5	6
		وسائط التشويش الضوئي. (	الوسائط الالكترونية الضوئية)		
ALQ-132 الولايات المتحدة 1974.	تشكيل تشويش على الاشعة تحت الحمراء ضد وسائط توجيه صواريخ الدفاع الجوي .	(1,5 - 6) ميكرومتر .	(10 - 15) واط أشعاع مستمر .	الطائرات A-6. A-4 C-130, A-10, A-7, الحوامات CH-47 (في حاوية)	يشكل التشويش على شكل نبضات على الإشعة تحت الحمراء بواسطة تسخين عناصر الكيرمي اثناء احتراق الوقود الجوي في حجرة الاحتراق. الوزن 67 كغ يمكن الاستعاضة عنها بالمحطة ALQ - 147
ALQ-140 الولايات المتحدة.	حماية الطائرات من الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الحرارية بتشويش تقليدي على الاشعة تحت الحمراء .	(1,5 - 5) ميكرومتر.		الطائرات F-4 (في الجسم)	مصدر اشعاعات حرارية من الكيرمي يسخن كهربائيا. الوزن 15 كغ. صممت على اساس المحطة ALQ-132 .
ALQ-144 الولايات المتحدة 1975	تقليد الاشعة الحرارية لابعاد صواريخ الدفاع الجوي.			الحوامات UH-1, AH-1 OH-58 , EH-1D UH-60 , AH-64 (خلف العادم)	مصدر تشويش تجهيز من الكيرمي بتسخين كهربائي. تعدل الاشعة الحرارية بذلك الشكل الذي يتم فيه ابعاد الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الحرارية عن الحوامة . الوزن 10 كغ. صنع منها 1000 مرسل.
ALQ-146 الولايات المتحدة.	الحماية الفردية للحوامات الثقيلة .			حوامات الاسطول البحري CH-46D (في القسم الذيلي) .	مصدر اشعاع حراري من عناصر الكريمي بتسخين كهربائي .

1	2	3	4	5	6
		وسائط التشويش الضوئي (الوسائط الالكترونية الضوئية)			
ALQ-147(V) الولايات المتحدة 1976.	حماية الطائرات من الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الحرارية بواسطة تشويش تقليدي على الاشعة تحت الحمراء.	(5-1,5) ميكرومتر.	200 واط	الطائرات RU-10 (في القسم الذيلي)، وفي حاوية UV-1D	يتم تشكيل التشويش بتعديل الاشعاعات الحرارية في نصف الكرة الخلفي لمنبع من الكريمني، يتم تسخينه بواسطة كيروسين ساخن، تركب على النهاية الخلفية لخزان الوقود، المعلق بجناح الطائرة.
ALQ-157 الولايات المتحدة.	حماية الحوامات من الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الحرارية.			حوامات النقل الثقيلة التابعة للاسطول البحري، نموذج CH-46E و CH-53D.	
AOCM الولايات المتحدة.	كشف صواريخ الدفاع الجوية الموجهة ومدفعية الدفاع الجوي بواسطة ومضة الاطلاق. اخراج الانظمة البصرية من الجاهزية واعما الموجهين لحماية الطائرات من اسلحة (جو-جو) و(ارض - جو).	1,06 ميكرومتر	طاقة النبضة (5-3) جول.	طائرات القوى الجوية والاسطول البحري (في حاوية) القاذفات الاستراتيجية B-52.	تتألف من نظام كشف الاطلاقات ومقياس مدى لايزري ومرسل لايزري عالي الاستطاعة يعمل في المجالين الازرق والاخضر من مجالات الامواج الضوئية.

الملحق رقم (4) المواصفات الرئيسة لتجهيزات قذف وسائط الإعماء الالكتروني ذات الاستخدام لمرة واحدة .

الرمز ، التسمية ، البلد المنتج وسنة الانتاج	الوظيفة	الوزن (كغ)	الحامل (مكان التركيب)	معلومات اضافية
1	2	3	4	5
ALE-2 ، رشاش كهروميكانيكي . الولايات المتحدة 1943 .	قذف ديبولات العواكس الرادايوية.		طائرات السطح RB-57, F-100	
ALE-24 ، رشاش كهروميكانيكي . الولايات المتحدة 1963 .	قذف حزم عواكس ديبولية راديوية ومصائد حرارية ومرسلات تشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة لحماية الطائرات الفردية والجماعية .		الطائرات B-52H, B-52G يتألف من آليات ذات خمس سبطانات للقذف . متموضعة في اجنحة الطائرة .	سرعة القذف 10 وحدات في الثانية.
ALE-25/ADR-8A ، حاوية ضد الصواريخ الرادارية ، الولايات المتحدة 1968 .	قذف عواكس ديبولية راديوية من صواريخ ADR-8A الى الامام فقط (نصف الكرة الامامي) .	وزن الحاوية 150/كغ وحزمة العواكس (150-200) غ.	الطائرات نموذج B-52H	
ALE-27 ، رشاش كهروميكانيكي - الولايات المتحدة .	قذف حزم عواكس رأديوية ديبولية ومصائد حرارية ومرسلات تشويش ذات الاستخدام لاول مرة .		طائرات B-52C ، B-52E ، B-52 D B-52F (في جسم الطائرة)	يتشكل من قاذفات خماسية السبطانات تتوضع في ذيل الطائرة . الاحتياطي - 1000 حزمة من العواكس الديبولية الراديوية .
ALE-28 ، رشاش يعمل على ضغط الهواء ، الولايات المتحدة.	قذف حزم عواكس راديوية ديبولية ومصائد حرارية للحماية الذاتية للطائرات .	وزن الحزمة (150-200) غ.	طائرات F-111 , F-111A (في الجسم) .	تحتوي على آليتي قذف ، تعمل على الهواء المضغوط يتم التحكم بعملهما بواسطة محطة السطع الراداري نموذج APS - 109A .

المواصفات الرئيسة لتجهيزات قذف وسائط الاعماء الالكتروني ذات الاستخدام لمرة واحدة .

1	2	3	4	5
ALE-29A/29B رشاش صاروخي الولايات المتحدة 1966 .	قذف حزم عواكس ديبولية راديوية ومصائد حرارية للحماية الذاتية للطائرات .		الطائرات التكتيكية والطائرات العاملة على سطح السفن A-4 F-4 , A-7, A-6, F-14 والطائرات بدون طيار AQM-34.	تحتوي على مخزنين في كل منهما 30 صاعق تتضمن عواكس ديبولية راديوية ومصائد حرارية . تعطى الاشارة لقذف الحزم من قبل عامل خاص لذلك او من قبل مستقبل الانذار عن وجود اشعاع راداري .
ALE-32 رشاش كهروميكانيكي الولايات المتحدة .	قذف حزم عواكس ديبولية راديوية و مصائد حرارية للحماية الجماعية للطائرات .	70 كغ	طائرات المعاكسة الالكترونية EB-6B (رشاشات في حاوية)	تحتوي على 6 كاسيتات قطرها 33 و 30,5 سم بها عواكس ديبولية . احتياطي العواكس ـ 500 كغ في كل رشاش .
ALE-38 رشاش كهروميكانيكي الولايات المتحدة 1973 .	قذف عواكس ديبولية راديوية للحماية الجماعية للطائرات .		طائرات A-7, A-6,F-105F F-104, F-4, EA-68,EA-6 BC AQM-34H	تعمل بأوامر من الطاقم او باشارات من محطة مستقبل الانذار، تسلح ب 160 كغ من العواكس نموذج RR-155/A, AR-165/A, RR-163/A RR-167/B . (حوالي 500 حزمة)
AL-39 رشاش صاروخي الولايات المتحدة 1973 .	تقذف حزم عواكس ديبولية راديوية ومصائد حرارية للحماية الفردية للطائرات .		طائرات السلاح الجوي والاسطول البحري A-6, A-4, F-18 F-14, A-7 , AV-8B والحوامات نموذج UH-1.	نموذج معدل من ALE-29 صواعق تحتوي على عواكس ديبولية ،تقذف دراكا او برشقات ويتم التحكم بذلك يدويا أو آليا .يوجد في الوحدتين 60 صاعق مع عواكس RR-129 ومصائد حرارية . طول العواكس 3,0, 61,5 5,0 و 10 سم .

المواصفات الرئيسة لتجهيزات قذف وسائط الاعماء الالكتروني ذات الاستخدام لمرة واحدة .

1	2	3	4	5
ALE-40(V)x رشاش صاروخي الولايات المتحدة 1984 .	بطارية مبرمجة لمواعق تحتوي على عواكس ديبولية راديوية ومصائد حرارية للحماية الفردية للطائرات.	وزن الرشاش بتعلق بوزن الحشوة يتراوح بين 22,5 كغ (V)4,5,6) ALE-40) حتى 158كغ (ALE-40 (V)10)	طائرات سلاح الجو التكتيكي F-4-F-104 (في حاوية) F-16, F-5E/F A-7 ,A-10(هانتر) (ميراج)	تتألف من اربعة معاملات في كل منها خلية ومصائد حرارية نموذج RR-170 أو C-15 ومصائد حرارية نموذج MJU-7B. تشكل العواكس الدبيولية الراديوية اهدافا كاذبة ذات سطح عاكس فعال(30-35)م2 أي بعددمن المرات أكبر من السطح العاكس الفعال للطائرات المحمية . يتم توجيه العمل اوتوماتيكيا بأوامر تصدر من حاسوب الكتروني موجود في الطائرة . الاحتباطي اما 60 او 120 صاعق نموذج RR_170 و(15 - 30) مصيدة نموذج MJU -7B . تعمل على النظام الاتوماتيكي او النصف اوتوماتيكي . ويمكن استبدالها بالنظام نموذجX ALE-- 40(V) .
ALE-41 رشاش كهروميكانيكي ذا سعة كبيرة . الولايات المتحدة .	تشكيل كاريدورات من الغيوم الناتجة عن العواكس الديبولية للحماية الجماعية للطائرات .	هنالك تشكيلة من 7 انواع وزن العواكس الديبولية الراديوية حوالي 130 كغ .	الطائرات التكتيكية والطائرات العاملة من على السفن A-6 A- 7 , F-4 . F-104 وطائرات المعاكسة الالكترونية EA-68 , FB - 111A (في حاوية) .	يتم التحكم بعملها من قبل محطة السطع الراديوي ALQ-86 . تؤمن قذف مستمر لحزم العواكس الديبولية الراديوية على 10 انظمة كما يمكنها استخدام نظام الرمي على رشقات .

المواصفات الرئيسة لتجهيزات قذف وسائط الاعماء الالكتروني ذات الاستخدام لمرة واحدة .

1	2	3	4	5
ALE-43 رشاش ميكانيكي . الولايات المتحدة .	قذف عواكس ديبولية راديوية بمختلف الاطوال لتشكيل تشويش سلبي ضد محطات رادار الدفاع الجوي .	وزن الرشاش 422 كغ . يوجد في حاوية الرشاش 159 كغ اشرطة طويلة لتحميلها على العواكس.	طائرات سلاح الجو التكتيكية والطائرات الموجهة عن بعد متعددة المهام (في حاويات توضع في العقد الخارجية لجسم الطائرة) .	يمكنها تشكيل تشويش سلبي ضد محطات الرادار ضمن مجال من 250 ميقاهيرتز حتى 20 ميقاهيرتز وذلك خلال 9 ثانية . وذلك بطريقة التحميل والرمي لعدد من العواكس يصل الى 10^7 ذات اطوال مختلفة (حسب اطوال امواج محطات الرادار والوسائط الفنية اللاسلكية المقصودة) . يعتبر هذا النموذج من النماذج الاكثر حداثة يتميز باقتصادية عالية في صرف العواكس وذلك حسب المسرح الراداري المتشكل .
ALE-44 رشاش الولايات المتحدة .	قذف عواكس ديبولية رادبوية ومصائد حرارية .	22,7 كغ	الطائرات بدون طيار .	يتم اختيار تتابع القذف وغزارتـــه للعواكس وللمصائد الحرارية حسب برنامج بحدد حسب المسرح الالكتروني المتشكل.
رشاش شركة "الكان" فرنسا .	قذف عواكس ديبولية راديوية ومصائد حرارية .		طائرات سلاح الجو "ميراج" "جاكوار" ، "اتلانتيك" .	
"داهاي" عربة اطلاق فرنسا 1982 .	=	وزنها قبل التلقيم 500 كغ بعد التلقيم 1000 كغ (10 كاسيتات عواكس او مصائد حرارية)	على السفن ذات الحمولة من (800-1000) طن، بمعدل قاعدة على كل جانب من جوانب السفينة .	تضم كل كاسيت 33 طلقة ، كل منها تحتوي على 4 شحنات، الامر الذي يؤمن 132 نقطة اطلاق للعواكس في حجم فضائي محدد لمسافة حتى 2 كم، زمن تشكل الغيمة 5 ثانية وزمن بقاءها حوالي 30 ثانية .

المواصفات الرئيسة لتجهيزات قذف وسائط الاعماء الالكتروني ذات الاستخدام لمرة واحدة .

1	2	3	4	
"ماسكاراد" حاوية لاستخدام وسائط التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة . بريطانيا 1982.	قذف عواكس ديبولية راديوية ومصائد حرارية لابعاد صواريخ الدفاع الجوي الموجهة ذات رؤوس التوجيه الذاتية .	وزن الحاوية 160 كغ تذخر بـ 42 صاعق (عيارها 57 مم للمصائد و 48 مم للعواكس الديبولية الراديوية)	طائرات وحوامات الطيران التكتيكي العامل في القوات البرية .	معدل قذف المصائد يحدد من قبل مستقبل الكشف العامل ضمن المجال(8 - 18) قيقاهيرتز وبالمعالج الميكروي، الذي يقارن الاشارات المستقبلة مع معطيات الذاكرة .
" بروتيان" عربة اطلاق. بريطانيا .	اطلاق عواكس ديبولية راديوية واهداف كاذبة حرارية .	وزن الرمانة 6,3 كغ ، قطرها 40 مم طولها 22,5 مم وزن الحشوة 1,3 كغ	زوارق الحراسة ، الفرقاطات و المدمرات .	مدى الاطلاق 1000 م ، الارتفاع (40 - 60) م . زمن تشكيل غيمة من العواكس الديبولية الراديوية ذات السطح العاكس الفعال 300 $م^2$ هو 5 ثانية . يؤثر التشويش ضمن المجال الترددي من (5 - 20) قيقاهيرتز.
"بليسي" صاروخ معاكسة الكترونية . الولايات المتحدة .		وزن الصاروخ 22 كغ ، وزن العواكس الديبولية (او الاهداف الحرارية ذات مبدأ العمل الصاروخي) 6 كغ .	سفن الاسطول البحري الحربي	تطلق الصواريخ من قاعدة اطلاق "كوروس" عيار الصواريخ غير الموجهة 102 مم ، طولها 580 مم . تشكل الغيمة ذات المقاييس المحددة وذات السطح العاكس الفعال 1200 $م^2$. خلال 2,5 ثانية .

المواصفات الرئيسة لتجهيزات قذف وسائط الاعماء الالكتروني ذات الاستخدام لمرة واحدة.

1	2	3	4	5
نظام معاكسة الكترونية . الولايات المتحدة RBOC 1978 .	اطلاق صواريخ تحتوي على عواكس دببولية راديوية واهداف كاذبة حرارية .	عيار الصواريخ غير الموجهة 112,3 مم وطولها 451 مم .	سفن سطح اسطول الولايات المتحدة الحربي البحري على كل سفينة من 1 حتى 8 قواعد ،الفرقاطات الصاروخية ،المدمرات زوارق الطوربيد والصواريخ في اليابان	تشكل غيمة العواكس الديبولية على ارتفاع (100 - 150)م خلال زمن 4 ثانية ،مشكلة تشويش سلبي راديوي ضمن المجال من 1 حتى 20 قيقاهيرتز . زمن استمرار تأثير المصائد الحرارية في المظلة حتى 40 ثانية . يوجد 18 طلقة لكل قاعدة اطلاق .
EWS-900CA قاعدة اطلاق . سويسرا .	اطلاق عواكس دببولية راديوية واهداف حرارية كاذبة .	صاروخ عيار 40 مم وزنه 23 كغ . تحتوي قاعدة الاطلاق على 8 سبطانات	زوارق الدورية .	يتم التحكم بالاطلاق اوتوماتيكيا . مدى اطلاق العواكس والاهداف الكاذبة 7 كم.
" كاسكاد" حاوية لاستخدام وسائط التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة . بريطانيا 1981 .	اطلاق عواكس ديبولية رادبوية واهداف حرارية كاذبة لابعاد صواريخ الدفاع الجوي .	تذخر الحاوية ذات الوزن 20 كغ ب 24 طلقة تحتوي على عواكس ديبولية راديوية و مصائد حرارية بنسبة 3: 1	الحوامات طراز " بوما" أو "تشينوك"	صنعت الحاوية حسب خبرة الاعمال القتالية التي دارت في جزر الفوكلاند، حيث رمت اطقم الحوامات" تشينوك" مصائد حرارية من صواريخ عيارها 38 مم .

1	2	3	4	5
" كوروس" منظومة تشويش الكتروني سلبي . بريطانيا 1982 .	قذف عواكس ديبولية راديوية لتشكيل تشويش سلبي ضد رؤوس التوجيه الذاتي للصواريخ المضادة للسفن .	وزن الصاروخ 21,8 كغ ووزن العواكس الديبولية الراديوية 6,5 كغ.	السفن الحربية البحرية الرئيسة .	اطوال الصواريخ غير الموجهة 1580مم . وعيارها 102مم . يتم تشكيل الغيمة من العواكس التي مساحة سطحها العاكس الفعال 1200 م٢ خلال 2,5 ثانية وتستمر فاعليتها حتى 6 دقيقة . يمكن زيادة السطح العاكس الفعال للغيمة ليصل حتى 12000 م^2 .
رشاش شركة " لاندي" فرنسا .	اطلاق حزم من العواكس الديبولية ومصائد حرارية .	الذخيرة 14 طلقة .	طائرات نموذج F-4 , F-16	زمن الحماية الفردية للطائرة حوالي 2 دقيقة . ضمن المجال الترددي من 2 حتى 20 قيقاهيرتز .
" ساهاي " قاعدة اطلاق فرنسا 1983 .	اطلاق اهداف كاذبة تمويهية مشكلة من عواكس ديبولية راديوية ومصائد حرارية .	يصل وزن قاعدة الاطلاق دون التذخير الى 1000 كغ وزن الحاوية 40كغ . وزن العواكس الديبولية او المصائد الحرارية 2 كغ يحتوي الصاروخ على 54 تجهيز اطلاق للعواكس او 7 تجهيزات اطلاق للمصائد الحرارية .	السفن الرئيسة ، وكل منها تحتوي على قاعدة او قاعدتين ، كل منهن لها 10 سبطانات .	يحتوي كل كاسيت على 54 حامل للعواكس و 14 حامل للمصائد الحرارية . زمن تشكيل غيمة العواكس 12 ثانية . مدى الاطلاق (2-5)كم . تستخدم الاهداف الكاذبة سوية مع تشكيل التشويش الفجيجي الايجابي والتشويش التمويهي .

المواصفات الرئيسة لتجهيزات قذف وسائط الاعماء الالكتروني ذات الاستخدام لمرة واحدة .

1	2	3	4	5
" سيبل" منظومة معاكسة الكترونية . جريطانيا وفرنسا • 1983 .	تشكيل تشويش تمويهي وتضليلي ضد محطات الرادار ورؤوس التوجيه الحرارية للصواريخ المضادة للسفن	تستخدم في المنظومة صواريخ غير موجهة عيارها 170 و 260 مم تحتوي على عواكس ديبولية رادبوية واهداف كاذبة حرارية تطلق الى مسافة حتى 8,5 كم	على سفن مختلفة على كل منها اما 2 او 4 او 12 قاعدة رباعية السبطانات تشحن آليا او نصف آليا •	تتألف من قاعدة اطلاق للصواريخ غير الموجهة ، ونظام توجيه يحتوي حاسوب الكتروني هنالك عدة احتمالات لتذخير الصواريخ : – مع مقلد على محطة رادار السفينة . – مع مرسل تشويش مستقل . – بتحكم عن بعد . – مع مركب ايروزولي لتخميد الطاقة الضوئية • – مع هدف كاذب راداري . – مع هدف كاذب حراري . – مع هدف كاذب حراري وراداري ، – مع هدف كاذب على شكل كرة هوائية ، مملوءة بغاز ساخن •
" سيفن" منظومة تشويش الكتروني سلبي • بريطانيا .	قذف عواكس راديوية واهداف حرارية طافية ومصائد بواسطة صواريخ غير موجهة الى مسافة تصل حتى 400 م	وزن الصاروخ 20 كغ عياره 105 مم وزن العواكس الراديوية 41 كغ . تحتوي قواعد الاطلاق على 663 او 15 سبطانة •	السفن الرئيسة •	زمن تشكيل الغيمة ذات مساحة السطح العاكس الفعال 250 $م^2$ هو 2,5 ثانية زمن تأثيرها حتى 6 دقيقة • يتم التحكم بالاطلاق آليا او نصف آليا او يدويا .

المواصفات الرئيسة لتجهيزات قذف وسائط الاعماء الالكتروني ذات الاستخدام لمرة واحدة .

1	2	3	4	5
SCLAR قاعدة اطلاق ايطاليا 1982 .	اطلاق عواكس ديبولية راديوية واهداف كاذبة حرارية .	وزن قاعدة الاطلاق 1150 كغ .	السفن الرئيسة ،قاعدتان على كل سفينة وكل قاعدة لها 20 سبطانة . عيار الصاروخ غير الموجه 105 مم. تتألف الوحدة النارية من 400 صاروخ .	التحكم بالاطلاق ـ نصف آلي. مدى الاطلاق 12 كم .
" ستوكيد" قاعدة اطلاق بريطانيا	اطلاق عواكس ديبولية راديوية واهداف كاذبة حرارية .	وزن الصاروخ غير الموجه 10 كغ .. وزن الحشوة 1,4 كغ.	السفن ذات الحمولات المتوسطة والكبيرة .	تحتوي قاعدة الاطلاق على 9 سبطانات طول الصاروخ 26 سم وعياره 57مم. التحكم بالاطلاق ـ آلي ويدوي. يتم تشكيل الغيمة خلال 20 ثانية منذ اطلاق الصاروخ. يتم حماية السفن المغيرة حتى مدى 200 م و المتوسطة من (0,3 حتى 1,5)كم والكبيرة من (10 حتى 15)كم. يمكن تنفيذ الاطلاق آليا او يدويا دراكا حتى 18 صاروخ وبرشقات 6,8 او 18 صاروخ .
M-130 رشاش صاروخي الولايات المتحدة 1982 .	اطلاق طلقات تحتوي على عواكس ديبولية راديوية ومصائد حرارية.		طائرات وحوامات القوات البرية.	تذخر 30 او 60 طلقة تحتوي على عواكس ديبولية راديوية مع شوائب ساخنة . صممت على قاعدة ALE-40 .
' هوت ذوق" و" سيلفر دوق" قواعد اطلاق المانيا الغربية .	اطلاق صواريخ غير موجهة تحتوي على عواكس ديبولية راديوية واهداف كاذبة حرارية .	وزن قاعدة الاطلاق 82 كغ وزن الصاروخ 0,74 كغ. وزن الحشوة 0,41 كغ.	السفن صغيرة	تتشكل الاهداف الكاذبة الحرارية والراديوية خلال 2 ثانية .

المواصفات الرئيسة لتجهيزات قذف وسائط الاعماء الالكتروني ذات الاستخدام لمرة واحدة .

1	2	3	4	5
" شالمي" قاعدة اطلاق المانيا الغربية.	اطلاق عواكس ديبولية راديوية واهداف كاذبة .	وزن العواكس 2,5 كغ	السفينة الرئيسة . تحتوي كل " قاعدة اطلاق على 10 سبطانات طول الصاروخ 56 سم ،وعياره 70 مم .	التحكم بالاطلاق – آلي ويدوي.
" شيلد" منظومة تشويش سلبي نصف آلية . بريطانيا 1985 .	تشكيل اهداف رادارية وحرارية ولايزرية كاذبة .		سفن سطح الاسطول البحري الحربي.	تشويش سلبي ضمن مجال(8-18) قيقاهيرتز .
127 – مم قذيفة مدفعية ضد الرادارات الولايات المتحدة .	تشكيل تشويش سلبي ضد محطات الرادار .		سفن سطح الاسطول البحري الحربي.	

الملحق رقم (5) المواصفات الرئيسة للاهداف الكاذبة والمصائد .

الرمز ، التسمية بلد المنشأ سنة الصنع	الوظيفة	الحامل	معلومات اضافية
1	2	3	4
ADR -8A مصيدة رادارية ، الولايات المتحدة 1968 .	ابعاد (ازاحة) صواريخ الدفاع الجوي الموجهة عن الطائرات .	القاذفة الاستراتيجية B-52 .	تنزل بواسطة قاعدة الاطلاق الجوية ALE-25 .
ADM -20 "كويل" الولايات المتحدة .	هدف كاذب .	B -52G B -52H	تثبت على الابراج او في مخزن القنابل .
"لوكاست" الولايات المتحدة .	هدف كاذب لتضليل منظومات الدفاع الجوي وزيادة الحمل الالكتروني عليها .	قاعدة اطلاق ارضية .	
"ميني بوب" .	هدف راداري كاذب .	طائرات سلاح الجو التكتيكية .	الوزن - 23 كغ منظومة التوجيه - مبرمجة .
"رومان" الولايات المتحدة .	مصيدة حرارية - هدف كاذب حراري .	طائرات سلاح الجو والاسطول البحري الحربي .	
PP - 119 الولايات المتحدة .	مصيدة حرارية لابعاد الصواريخ الموجهة ذاتيا م/ط .	B-1, B -52 96 مصيدة .	استطاعة الاشعاعات تحت الحمراء - 20 كيلووات . زمن الاحتراق - 6 ثانية .
SCAD الولايات المتحدة .	هدف كاذب .	B-1 , B-52 ,FB-111	مدى التأثير - 1600 كم .
TEDS الولايات المتحدة 1982 .	هدف كاذب .	طائرات سلاح الجو التكتيكية .	سرعة الطيران 900 كم/سا المدى - 500 كم .
TALD هدف كاذب تكتيكي الولايات المتحدة .	تضليل منظومات الدفاع الجوي .	طائرات سلاح الجو التكتيكية - في كل طائرة 20 هدف .	طائرة شراعية ذات اجنحة مطوية . يمكنها تشكيل تشويش الكتروني ايجابي واستخدام العواكس الديبولية الرادارية او التوجه الى محطة الرادار بواسطة رأس توجيه ذاتي .

1	2	3	4
" سـاميـــون " صاروخ ـ مضيئة الولايات المتحدة 1982 (انتجت خصيصا لاسرائيل) .	ابعاد صواريخ م/ط عن طائرات سلاح الجو التكتيكية .	طائرات سلاح الجو التكتيكية .	استخدمت في حرب 1982 ضد لبنان .
TAAED هدف كاذب مقطور الولايات المتحدة 1987	تضليل منظومات الدفاع الجوي .	طائرات سلاح الجو التكتيكية .	يقطر بحبل طوله 100 م.
"ماكسي ديكوي" (1 ,2) هدف كاذب شراعي الولايات المتحدة .	تضليل منظومات الدفاع الجوي .	الطائرات F-4 , F-16 F-15 12 هدف لكل طائرة .	مجهزة بمرسل تشويش استطاعته 90 واط يعمل ضمن المجال الترددي من(500 الى 1000) ميقاهيرتز للنموذج(1) و 250واط ضمن المجال من(4000 الى 6000) ميقاهيرتز للنموذج (2)
MJU - 78 مصيدة حرارية ، الولايات المتحدة 1982 .	قطع دارة توجيه الصواريخ الموجهة ذات رؤوس التوجيه الحرارية .	طائرات سلاح الجو التكتيكية .	الاحتراق(الاشعال)بالقدح الناري المجال من(20 حتى 5) ميكرومتر ، زمن الاحتراق 2 ثانية .
"روستون ل.ل" بريطانيا .	مصيدة ـ هدف كاذب حراري .	الطائرات"بوكانيرو" و"فانتوم" .	مجهزة بعواكس ضوئية وراديوية .
"فايردبي"ـ 20 هدف كاذب الولايات المتحدة .	تضليل منظومات الدفاع الجوي .		على شكل طائرة دون طيار طولها 7م ،فتحة الاجنحة 3,9 م ،الوزن 1000 كغ . مجهزة بعدسة ليونبرغ وبمضخم ـ معيد ارسال لزيادة مساحة السطح العاكس الفعال .

الملحق رقم /6/ المواصفات الرئيسة لوسائط السطع الالكتروني الفني .

الرمز ،التسمية ،بلد المنشأ ،سنة الصنع .	الوظيفة	المجال الترددي او طول الموجة .	الحامل	معلومات اضافية .
1	2	3	4	5
الوسائط المحمولة في الطائرات والحوامات				
AAR-34 , AAR-38 مستقبلات انذارحرارية تعمل على الاشعة تحت الحمراء ،الولايات المتحدة	انذار الاطقم عن اطلاق صواريخ باتجاه الطائرة والتحكم بقذف المصائد .	(5-3) ميكرومتر	طائرات وحوامات القوات البرية	الوزن 12 كغ
AAR-44 مستقبل حراري(اشعة تحت حمراء)للانذار . الولايات المتحدة .	البحث عن الاشعاعات تحت الحمراء وكشفها وانذار الاطقم وتوجيه عملية اطلاق المصائد الحرارية .	(5-3) ميكرومتر	طائرات سلاح الجو	يستطيع تمييز الاشعة تحت الحمراء تحت خلفية الاشعاعات الشمسية الراديوية ،المنعكسة عن الاغراض المحلية والتشويش الضوئي. الوزن 3,6 كغ
ALQ-61 منظومة سطع الكتروني فني- الولايات المتحدة.	كشف والتقاط وتحليل اشعاعات الوسائط الالكترونية الراديوية .	(50-11000) ميقاهيرتز	طائرات السطع RF-4C F-111 , RF-4 B, RA-5C	مستقبلات من النوع السوبرهيترودايني .
ALQ - 78 محطة سطع الكتروني فني. الولايات المتحدة	الكشف الاتوماتيكي لاشارات محطات الرادار تحديد احداثياتها والاتجاه الى مصادر البث .		طائرات الدورية في الاسطول البحري الحربي P-3C "اوريون" وطائرات الاغارة A - 6 و A - 4	الوزن 450 كغ. تقيم المعلومات المستخلصة من قبل معالج ميكروي وتعرض على شاشة جهاز العرض

1	2	3	4	5
ALQ - 86 منظومة سطع الكتروني فني • الولايات المتحدة	كشف والتقاط وتحليل اشارات الوسائط الالكترونية الفنية وتوجيه وسائط المعاكسة الالكترونية والصواريخ المضادة للرادارات •	امواج سنتمترية وديسيمترية	EA -6B الطائرات	
ALQ - 125 "تيريك" نظام سطع الكتروني فني تكتيكي الولايات المتحدة 1982 - 1981	الكشف والتعارف الاوتوماتيكي على الاشارات وتحديد امكنة انتشار محطات الرادار، التي توجه نيران صواريخ ومدفعية الدفاع الجوي ، وتوصيل المعلومات المستخلصة الى القيادات من مختلف المستويات •		RF -4C طائرات الاستطلاع	يتم التحكم بعمل المنظومة من قبل حاسوب الكتروني. يتموضع الهوائي على جانبي الطائرة • وزن المنظومة 200 كغ •
ALQ - 133 "كويك لوك" ـ 2 • منظومة سطع الكتروني فني • الولايات المتحدة 1978	كشف وتحديد امكنة انتشار محطات الرادار الارضية حتى عمق 30كم •	(0,5 - 18) قيقاهيرتز	RY-1D طائرات الاستطلاع oV - 1, (EV-1) " موهاوك" ـ 2 (في حاويتين)	دقة تحديد الاتجاه $0,5^{o}$+ يمكن تركيب منظومة انتاج المعلومات في الطائرة او على الارض تعطى المعلومات من الطائرة الى مركز توجيه (التحكم) بمنظومة السطع الالكتروني الفني TSQ-109 تستخدم في وحدات السطع والحرب الالكترونية لفيالق القوات البرية •
ALQ - 142 محطة سطع الكتروني فني الولايات المتحدة	كشف وتحديد الاتجاهات الى الوسائط الالكترونية الفنية ، واصدار الدلالة عن الاهداف للصواريخ" جو ـ سطح " و " سطح ـ سطح"		حوامات الاسطول البحري الحربي وطائرات الدورية البحرية وزوارق الدورية	يحدد مكان تموضع الواسطة الالكترونية الفنية على مقياس زمني حقيقي •

1	2	3	4	5
ALQ – 156 محطة كشف وتوجيه الولايات المتحدة	الكشف الراداري للاهداف الجوية والتحكم بعملية قذف المصائد الحرارية .		طائرات السطح RU -21 . الحوامات CH-47C والطائرات بدون طيار بمختلف نماذجها .	تتألف من محطة رادار نبضية دوبلرية ونظام قذف مصائد حرارية نموذج M -130 مرتبطة مع مستقبل راديوي او لايزري للانذار المبكر .
ALR-15 محطة سطع الكتروني	سطع محطات رادار قوات الدفاع الجوي	(11000- 2500) قيقاهيرتز	الطائرات A-7A , A- 6A و B -52	صممت على قاعدة مستقبل ذي تفخيم مباشر
ALR – 17 محطة سطع الكتروني فني – الولايات المتحدة	سطع الوسائط الالكترونية الفنية	المجال السنتيمتري والديسمتري	طائرات السطح RF -4C	
ALR-18 محطة سطع الكتروني فني –الولايات المتحدة 1960	سطع محطات الرادار	الامواج من(8 – 11) قيقاهيرتز	الطائرات B-52	صممت على قاعدة مستقبل سوبر هيتروديني
ALR – 19 محطة سطع الكتروني فني. الولايات المتحدة	سطع محطات الرادار	(2 – 11)قيقاهيرتز	الطائرات B – 52	صممت على قاعدة مستقبل سوبر هيتروديني
ALR – 20 محطة بانورامية للسطع الالكتروني الفني . الولايات المتحدة 1967	كشف وتحليل الإشعاعات و التسديد على الوسائط الالكترونية الفنية وأعطاء الدلالة عن الاهداف لوسائط المعاكسة الالكترونية ووسائط التدمير.	(10900-30)قيقاهيرتز (7 مجالات فرعية)	طائرات B -52	مستقبل سوبر هيتروديني حساسيته 65 ديسيبل/ميلي واط دقة قياس التردد %_ $\pm$ 1

1	2	3	4	5
ALR - 23 مستقبل كشف الاشعة تحت الحمرا ء الولايات المتحدة	استقبال الاشعة الحرارية الصادرة عن الطائرات والصواريخ وانذار الأطقم عن اطلاق الصواريخ وتشغيل وسائط الاعماء العاملة على الاشعة تحت الحمرا ء •	(3 - 15) ميكرومتر	طائرات وحوامات القوى البرية التكتيكية •	الوزن(12-25) كغ
ALR - 32 مستقبل سطع الكتروني فني• الولايات المتحدة	كشف اشعاعات محطات الرادار الارضية والمحمولة		الطائرات E-66 . B-52 RB-66	
ALR - 34 محطة سطع الكتروني فني • الولاياتالمتحدة	كشف اشعاعات الوسائط الالكترونية الفنية	(20-60) قيقاهيرتز	الطائرات EC - 121 RC-135 , EC-135	
ALR-41 منظومة انذار مبكر الولايات المتحدة	توجيه وسائط المعاكسة الالكترونية على محطات الرادار والصواريخ المضادة للرادارات ايضا•		الطائرات FB-111 و F-111 •	مستقبل معدل ALR-39 وبالتدريج يتم استبداله بالمستقبل الراديوي ALR -62
ALR - 42 مستقبل انذار مبكر الولايات المتحدة	كشف والتقاط وتحليل اشارات الوسائط الالكترونية الفنية وتوجيه مرسلات التشويش نموذج ALQ-99 و ALQ-126 اليها •	(2500-14000) قيقاهيرتز	طائرات الحرب الالكترونية "براولر" EA-6B	تحول معلومات المراقبة الى شكل رقمي ويتم التعامل معها في حاسوب الطائرة المركزي• يمكن استبدالها بالمستقبل نموذج ALR - 67

1	2	3	4	5
ALR-45, ALR-45E مستقبل انذار الولايات المتحدة	كشف اشعاعات محطات الرادار انذار الطاقم عن وصول الاشعاعات الى الطائرة والتسديد التقريبي على محطات الرادار المرصودة .	(14-2) قيقاهيرتز	طائرات سلاح الجو التكتيكية والاسطول البحري الحربي F-14 , F-4J , F-6A, A-4M RA-5C , F-7E , EA-6	مستقبل بقناة واحدة ذي تضخيم مباشر صمم على قاعدة النموذج- 25-50 يقوم الحاسوب بتحديد نوع محطة الرادار ودرجة خطورتها، من الممكن استبداله بالمستقبل (V) ALR -67
ALR - 46(V) مستقبل انذار رقمي الولايات المتحدة	كشف اشعاعات الوسائط الالكترونية الفنية وانذار الاطقم عن الاشعاع الراداري وانتاج معلومات الدلالة عن الاهداف لنظام توجيه الاسلحة	(2000 - 20000) ميقاهيرتز	الطائرات التكتيكية والبحرية (على سطح السفن) F-4, A-10 , A-7 , OV-1 F-16 , F-5, RU-21, RF-4C	انتاج اشارات لـ 16 محطة رادار والتحكم بعمل المستقبل بواسطة حاسوب . يمكن استبداله بالمستقبل ALR - 69
ALR - 47 محطة سطع الكتروني فني . الولايات المتحدة	كشف وتحديد مواصفات الاشارات الملتقطة والتسديد على محطات الرادار .	(2 - 18) قيقاهيرتز	طائرات الاسطول البحري الحربي للولايات المتحدة S - 3A "فيكنغ" F - 5 , F-4F الطائرات الكندية CP-140 و P - 3C	مستقبل سوبر هيتروديني، الهوائيات مركبة على نهايات الاجنحة . يتم انتاج المعلومات والتعامل معها بواسطة اجهزة حاسبة رقمية
ALR -APR مستقبل أنذار الولايات المتحدة .	انذار اطقم الطائرات عن وجود اشعاع لمحطات الرادار وعن الصواريخ م/ط عند اطلاقها .	(4- 20) قيقاهيرتز	طائرات الاسطول البحري الحربي في الولايات المتحدة RF-4B, EA-6B, A-4, RA-5C F-14 , F-4N .	

1	2	3	4	5
ALR- 52 منظومة سطع الكتروني فني الولايات المتحدة	قياس مواصفات الاشارات و التسديد على محطات الرادار ذات الاشعاعين النبضي والمستمر	(0,5 - 18) قيقاهيرتز	طائرات السطع EP -3E, EG-121 ومراكز السطع البرية •	تحتوي على مستقبل متعدد الاقنية ذات التفخيم المباشر والقياس الآني للتردد •
ALR-59(V) محطة رقمية اوتوماتيكية للسطع الالكتروني الفني الولايات المتحدة	التقاط وتحليل الاشارات و قياس التردد والتسديد على الوسائط الالكترونية الفنية	(0,5- 18) قيقاهيرتز	طائرات الكشف الراداري البعيد E-2C " هوكاي"	على قاعدة مستقبل سوبر هيتروديني، تحتوي على 16 هوائي (4 لكل مجال ترددي) يتم اخراج المعلومات رقميا •
ALR-62(V) محطة كشف وتوجيه السلاح الولايات المتحدة 1975	التقاط اشارات محطات الرادار النبضية والمستمرة وانذار الاطقم عن الاشعاع الراداري وتوجيه الصواريخ الى الاهداف	(4-10,5) قيقاهيرتز	الطائرات F-111 و FB-111A	تحتوي على مستقبل متعدد الاقنية سوبرهيتروديني كاشف ،يضم تجهيز توليف الكتروني تظهر معلومات الالتقاط على شاشة بشكل حروف وارقام وتعطى الى محطات التشويش الالكتروني ALQ-126, ALQ-99
ALR-66 (V)-1 مستقبل انذار للاستعاضة عن APR-25, APR-36/37, APR-46, APR-45 الولايات المتحدة	كشف الاشارات،التسديد على محطات الرادار وتحديدهوياتها وانذار اطقم الطائرات عن وجود الاشعة الرادارية والتحكم بعملية اطلاق العواكس للديبولية الراديوية والاهداف الكاذبة الحرارية •	(3 - 20) قيقاهيرتز (10 ,5 ,3 ,1,5) سم	طائرات وحوامات الاسطول البحري الحربي، ويمكن تركيبها على الطائرات المطاردة والمغيرة وعلى زوارق الدورية •	المستقبل من النوع الكاشفي (على ديودات)،ذا امكانية تغيير(تبديل) لحظي للتردد، ليتعارف على محطة الرادار، (عدو - صديق) بواسطة حاسوب الكتروني • تظهر معلومات المراقبة على شاشة العرض على شكل أحرف وأرقام، تحتفظ ذاكرة الحاسوب على معلومات عن مواصفات حوالي 100 محطة رادار، يعطى الى تجهيزات الخرج معلومات عن 15 محطة •

1	2	3	4	5
ALR-67(V) مستقبل كشف راديوي الولايات المتحدة ، 1986	كشف وتحليل اشارات محطات الرادار وتوليف محطات التشويش الالكتروني والاستخدام الاوتوماتيكي للعواكس الراديوية الديبولية والاهداف الحرارية الكاذبة .	(18-0,5) قيقاهيرتز دقة قياس التردد 0,75 قيقاهيرتز	طائرات الاسطول البحري الحربي التكتيكية F-18 , F-14 وطائرات الحرب الالكترونية EA-6B	تحتوي على مستقبل سوبرهيترودايني ومستقبل تضخيم مباشر وحاسوب لتوليف المستقبلات وقياس تردد ومواصفات اشارات الوسائط الالكترونية الفنية .
ALR - 68 مستقبل انذار رقمي الولايات المتحدة	كشف وتحليل اشارات محطات الرادار البحرية والبرية والجوية وانذار طاقم الطائرة والتحكم باستخدام وسائط المعاكسة الالكترونية .	(10-3) سم	طائرات سلاح الجو التكتيكية	تعديل لمستقبل الانذار المبكر عن محطات الرادار نموذج APR-36/37 وينحصر التعديل بادخال حاسوب الكتروني .
ALR - 69 مستقبل انذار عن الاشعاعات الرادارية الولايات المتحدة 1986	كشف وتحليل اشارات محطات الرادار وتوليف محطات التشويش الالكتروني ومراقبة محطات الرادار اثناء تشكيل التشويش والاستخدم الاوتوماتيكي للعواكس الراديوية الديبولية وللاهداف الحرارية الكاذبة	(2 - 40) قيقاهيرتز 35 ديسيبل عندما تكون نسبة اشارة /تشويش 12 ديسيبل	الطائرات F-4 , F-16 , A-10	موديل معدل من المستقبل الانذاري ALR-47 يعمل بالارتباط مع نظام التشويش ALQ-119 يبحث عن الاشارات في مجالات ترددية محددة . دقة التسديد على محطات الرادار (الخطأ التربيعي المتوسط 5°) المجال الديناميكي لا يقل عن 40 ديسيبل . الوزن حوالي 30 كغ . تظهر المعلومات المستخلصة على شاشة عرض على شكل رقمي وفي السماعات التي يستخدمها الطيار.

1	2	3	4	5
ALR - 606 مستقبل انذار • الولايات المتحدة	كشف الاشارات والتعارف على محطات الرادار وانذار الاطقم والتحكم باطلاق العواكس الراديوية الديبولنية والاهداف الحرارية الكاذبة •	(2 - 20) قيقاهيرتز	طائرات سلاح الجو التكتيكية	يتألف من اربع هوائيات نابضية ومستقبلات تضخيم مباشر ،تظهر المعلومات المستخلصة على شكل رموز على جهاز عرض وتعطى على التوازي على شكل اشارة ضوئية تحذر من الخطر الداهم•
APQ - 142 محطة سطع الكتروني فني • الولايات المتحدة 1970	سطع الوسائط الالكترونية الفنية	550 ميقاهيرتز 18 قيقاهيرتز	الطائرات F-105, F-100 , "OV-1C موهاوك" RF-4C	تستخدم في منظومة السطع الالكتروني الفني " كويك لوك" – 1
APR - 25/26 محطة انذار مبكر ، الولايات المتحدة	كشف محطات رادار الدفاع الجوي وانذار الطاقم عن جود اشعاع راداري •	(0-390 155)ميقاهيرتز	الطائرات F-105 , F-100 C-47 RF-4C , C-130 C-123 , C-141	
APR - 27 مستقبل انذار الولايات المتحدة	=	=	طائرات الاسطول البحري الحربي F-4B	
APR - 36/37 مستقبل انذار ، الولايات المتحدة	كشف اشعاعات محطات الرادار وانذار طاقم الطائرة عن وجود هذه الاشعاعات•	(10900-1550) ميقاهيرتز	الطائرات F-4E , F-4D A-70 , F-105	ينتج المستقبل اشارات صوتية للانذار يستبدل بالمستقبل ALR - 68
APR - 38 محطة سطع الكتروني فني مؤتمتة ،الولايات المتحدة •	البحث عن محطات الرادار وكشفها والتعارف عليها و تحديد احداثياتها•	(18-0,6)قيقاهيرتز	الطائرات F-4C (اولد اوزل)	تدخل في منظومة توجيه الصاروخ المضاد للرادارات "ستاندر آرم"• يتم تحليل الاشارات بواسطة حاسوب الكتروني •

1	2	3	4	5
APR - 39 مستقبل انذار،الولايات المتحدة ، 1972	كشف اشارات محطات الرادار التي توجه الصواريخ م/ط والتسديد اليها وتحديدهويتها وانذار الطاقم .	(1 - 20) قيقاهيرتز	حوامات القوات البرية AH-1 (كوبرا) "كاأوف" OH - 58 "ايروكز" UH - 1H	مستقبل تفخيم مباشر، يحدد التردد الحامل والتردد التكراري وعرض الإشارات ودرجة الخطورة . ينتج اشارات صوتية وضوئية للانذار . الوزن 3,6 كغ
APR - 41 مستقبل انذار،الولايات المتحدة	كشف واستقبال اشعاعاتمحطات الرادار وانذار الطاقم الطائرات عنها .	(3 , 10) سم	الحوامات والطائرات الخفيفة التابعة للقوات البرية .	
APR - 44 مستقبل انذارالولايات المتحدة 1978	اعلام الاطقم عن وجود اشعاعات المحطات رادار ذات اشعاع مستمر .	(14,5 - 16,5) قيقاهيرتز	الحوامات EH-60 AH-1 والطائرات OV-1 RU -21 , RV -1	صمم على قاعدة ALR-42 ويمكن الاستعاضة عنه باستخدام الاخير . يتألف من هوائي دائري ومستقبل ولوحة تحكم ذات جهاز عرض ضوئي للانذار عن وجود اشعاعات رادارية .
APS-105 , APS-107 منظومة كشف وانذار الولايات المتحدة 1968	كشف وتحليل اشارات محطات الرادار والتسديد عليها ، والاعلام عن وجود الاشعاعات وتأمين اطلاق الصواريخ ضد محطات الرادار والتحكم بعمل وسائط المعاكسة الالكترونية .	(50 - 18000) قيقاهيرتز	الطائرات B - 52 , F-105 RF-4 , F-111 A	
APS-109 محطة سطع الكتروني فني،الولايات المتحدة 1968	كشف محطات الرادار البرية والجوية والتسديد عليها و التعارف عنها وتوجيه وسائط المعاكسة الالكترونية والصواريخ المضادة للرادارات .	(30 - 19000) ميقاهيرتز	الطائرات F-4 , F- 111	بديل عن المحطة (V) ALR - 62

1	2	3	4	5
ASQ – 96 محطة سطع راديوي/اولي الولايات المتحدة	التقاط اشعاعات الوسائط الالكترونية الفنية وتحديد مواصفاتها وتبعيتها والتسديد اليها لصالح وسائط المعاكسة الالكترونية .	(1 – 18) قيقاهيرتز (5 مجالات فرعية)	EB – 66, RC-135B الطائرات EA – 6B	على قاعدة مستقبل سوبر هيترودايني . دقة القياسات : التردد الحامل 1 ± كيلوهيرتز، عرض النبضة ±0,1 ميكروثانية ، الاتجاه ±1°
R – 47 محطة سطع الكتروني فني، الولايات المتحدة	كشف وتحليل اشعاعات الوسائط الالكترونية الفنية	(0,5 – 40) قيقاهيرتز	EC – 121 الطائرات	تعتبر محطة استطلاع الكتروني فني من النوع المتطور .
R – 5000 محطة سطع الكتروني فني، الولايات المتحدة 1976	سطع الوسائط الالكترونية الفنية بمختلف انواعها.	(0,5 – 40) قيقاهيرتز المجال الديناميكي 75 ديسيبل عامل التشويش 20 ديسيبل المجال الامراري 5 و 20 ميقاهيرتز حسب الحاجة .	جميع انواع طائرات السلاح الجوي في الولايات المتحدة ما عدا التكتيكية منها .	يدخل في تركيب المنظومة 8 مستقبلات سوبرهيترودينية ،كل منها يغطي $\frac{1}{8}$ من المجال . يقوم الحاسوب وجهاز العرض البانورامي والحرفي والرقمي باظهار قيمة التردد رقميا . سرعة مسح التردد 30 مرة بالثانية .
NTWS الولايات المتحدة 1987	منظومة انذار عن وجود اشعاعات رادارية	(2 – 40) قيقاهيرتز والمجال الترددي لايزري	طائرات سلاح الجو	
ARI – 1820/1 . منظومة سطع الكتروني فني . بريطانيا .	سطع الوسائط الالكترونية الفنية	(1 – 18) قيقاهيرتز	طائرات السطع الراداري المبكر والتوجيه " نمرود" (الاجهزة في الجسم والهوائيات في مؤخرة الاجنحة)	تتألف من 16هوائي نابغي مستوية ومستقبلين راديويين .
AVR – 2 كاشف الاشعة اللايزرية الولايات المتحدة .	كشف الاشعة اللايزرية وانذار اطقم الطائرات	1,06 (ميكرومتر)	طائرات القوات البرية	

1	2	3	4	5
ULQ - 16 "غراد ريل" - 5 منظومة سطع راديوي الولايات المتحدة 1979	التقاط وسائط الاتصالات اللاسلكية والتسديد اليها	التقاط الاشارات الراديوية التالية : (20-75) ، (100 - 150) و (350-450) ميقاهيرتز التسديد ضمن المجالات: (20 - 75) و (100 - 150) ميقاهيرتز .	تتوضع المنظومة في 6 طائرات طراز RU-21D (في كل طائرة 6 مستقبلات راديوية ومسدد) ويتم انتاج المعلومات في مركز ارضي (ثلاث عربات مع مقطوراتها).	
ER - 142 مسدد راديوي الولايات المتحدة	التسديد الى محطات الرادار وتوجيه الطائرات اليها	(350 - 10900) ميقاهيرتز	الطائرات RF- 4 C F-105 , F - 100	
"كاسكيد" منظومة سطع لاسلكي، الولايات المتحدة 1986	البحث الاوتوماتيكي عن الوسائط اللاسلكية لاتصالات الاجنحة التكتيكية والتقاطها والتسديد اليها .	(17 - 500) ميقاهيرتز	تتوضع على 6 طائرات تابعة للقوات البرية RC-12D في كل طائرة 16 مستقبل راديوي	تعمل بالارتباط مع مركز ارضي، مهمته التعامل مع المعلومات وتوجيه "تاسيليز". تتألف من مجموعات سطع ووسائط الحرب الالكترونية للفيالق البرية .
"كومبانت سنت" منظومة سطع الكتروني فني الولايات المتحدة 1971	اظهار امكنة انتشار الوسائط الالكترونية الفنية ومواصفاتها	(30 - 40) قيقاهيرتز	طائرات السطع الاستراتيجية التابعة لقيادة سلاح الجو RC -135u	
"ليفوكس غري" منظومة سطع لاسلكي مؤتمنة . الولايات المتحدة 1983	كشف والتقاط الارسالات اللاسلكية لمحطات اللاسلكي الموجه ومحطات التروبسفير للاجنحة العملياتية على مسرح العمليات وتوجيه منظومة التشويش الالكتروني الجوية . .	(20 - 6000) قيقاهيرتز	(15 - 18) عربة مقطورة و 9 طائرات تابعة للقوات البرية Ru-21D	تستخدم في فيالق القوات البرية مع طائرات منظومة التشويش ALQ - 150 " سيفارتايفر"

أ	2	3	4	5
"لنيكس" مستقبل كشف راديوي • بريطانيا	كشف الاشارات اللاسلكية وانذار الاطقم عنها •	(1,5 -15)سم		
EL/L - 8310 محطة سطع الكتروني فني • اسرائيل	سطع الوسائط الالكترونية الفنية والتحكم بعمل مرسلات التشويش الالكتروني •	(0,5 - 18) قيقاهيرتز	طائرات الحرب الالكترونية (عرفا)	دقة تحديد التردد 0,5 ± ميقاهيرتز
ALD - 2B محطة سطع الكتروني فني، الولايات المتحدة	سطع الوسائط الالكترونية الفنية	(50-11000)ـم ميقاهيرتز	EC - 121 الطائرات	مستقبل سوبر هيترودايني
DATAR منظومة انذار عن وجود اشعاعات رادارية بريطانيا،	كشف وتحليل الاشارات الراديوية النبضية والمستمرة والتعامل معها •	(2 - 20)قيقاهيرتز	الحوامات والطائرات والسفن والعربات البرية المتحركة	تتألف من 5 مستقبلات راديوية ومعالج وجهاز عرض ولوحة تحكم ،تؤمن جميعها استقبال الاشارات الراديوية وتحديد هويتها ،حسب نوع الواسطة المرسلة وتحديد درجة الخطورة • وعند اكتشاف واسطة الكترونية فنية تشكل خطرا ، يتم انتاج اشارات تحذير واطلاق مرسلات التشويش الالكتروني للعمل •

1	2	3	4	5
وسائط السطع الالكتروني الفني البرية				
A – 369/5 مسدد راديوي على الامواج القصيرة ومؤتمت المانيا الغربية .	كشف محطات الاتصالات اللاسلكية والتسديد اليها	(1 – 25) قيقاهيرتز	مقطورة	يحتوي على منظومة هوائيات على شكل U لها برج سداسي الاضلاع
A . 639/90 مسدد راديوي مؤتمت للامواج القصيرة جدا المانيا الغربية .	كشف محطات الاتصالاتاللاسلكية والتسديد اليها	(20 – 180) ميقاهيرتز	عربة متحركة	
FLR – 3 محطة سطع الكتروني فني الولايات المتحدة	كشف والتقاط وتحديد انتماء واحداثيات الوسائط الالكترونية الفنية .	(50 – 300) ميقاهيرتز	عربة متحركة ويمكن تركيبها في الطائرة .	صممت حسب البرنامج QRC –208
FLR – 9 محطة سطع الاشارات اللاسلكية مؤتمنة ، الولايات المتحدة .	كشف اشارات محطات الاتصالات اللاسلكية والتقاطها وتحليلها	(0,5– 30) ميقاهيرتز	تنشر على الارض	الحساسية 1,0 ميكروفولت،دقة التسديد 0,5° تستخدم في منظومة السطع الالكتروني الفني الاستراتيجي 466 L .
FLR – 12 محطة سطع الكتروني فني بانورامية الولايات المتحدة	كشف والتقاط وتحليل اشارات الوسائط الالكترونية الفنية التسديد اليها .	(300 – 12000) ميقاهيرتز	محطة ثابتة	تستخدم في منظومة السطع الالكتروني الفني الاستراتيجي 466 L

1	2	3	4	5
FLR-14 محطة سطع الكتروني فني ،الولايات المتحدة 1964	كشف والتقاط اشعاعات وسائط التشويش الالكتروني والتسديد اليها .	(400 - 450) ميقاهيرتز	عربة متحركة	تستخدم في منظومة السطع الالكتروني الفني الاستراتيجي 466L .
GLR -1 منظومة تجميع وتسجيل وتحليل المعلومات عن وسائط السطع الالكترونية الولايات المتحدة	تجميع وتسجيل وتحليل نتائج السطع الالكتروني الفني	(50 -12000) ميقاهيرتز	محطة ثابتة	تدخل في تركيب منظومة السطع الالكتروني الفني نموذج 446 L
MSQ-103 A "يتمبيك" محطة سطع الكتروني فني، الولايات المتحدة 1980	سطع محطات رادار القوى الجوية والدفاع الجوي .	500ميقاهيرتز - 40 قيقاهيرتز	عربة حمولتها 0,25طن ، مقطورة على عجلات او مجنزرة	تستخدم في الفرق(3 محطات لكل فرقة). تنشر على بعد (3-5) كم من خط جبهة التماس بين القوات الصديقة والمعادية . زمن النشر (25 - 30) دقيقة .
MPR -1 , MPR-2 و جهاز انذار محمول الولايات المتحدة 1976	كشف اشعاعات محطات الرادار وانذار الاطقم عنها .	20 كيلوهيرتز 10 قيقاهيرتز	الدبابات ،ب.م.ب ،السفن والطائرات .	
MIRA كاشف للاشعاعات تحت الحمراء ،الولايات المتحدة	كشف الاشعاعات تحت الحمراء وارسال اشارة صوتية للانذار	(1 - 12) ميكرومتر	تركب على الخوذة او توضع بعهدة المقاتل .	الوزن 450 غ ،حقل الرؤية 180°
PMR/USR منظومة سطع الكتروني فني، الولايات المتحدة	كشف والتقاط وتحليل اشارات الوسائط الالكترونية الفنية والتسديد اليها .	(1 - 18) قيقاهيرتز	مقطورة	تحتوي على تجهيز بيان رقمي للتردد الحامل وعرض وتردد الاشارات التكرارية .

1	2	3	4	5
E - 639AW/2 مستقبل راديوي واسع المجال الترددي المانيا الغربية .		250 كيلو هيرتز – 30 ميقاهيرتز .	عربة متحركة .	مصمم على الترانسيستورات الحساسة (1- 2) ميكروفولت عندما تكون النسبة اشارة / تشويش من (10 - 20) ديسيبل .
TSQ - 114A "تربلايزر" منظومة سطع راديوي متحركة الولايات المتحدة 1982	سطع الاتصالات اللاسلكية على الامواج القصيرة والقصيرة جدا	(5 . -150) ميقاهيرتز. (تسديد اوتوماتيكي، راديوي ضمن المجال (20 -80) ميقاهيرتز	5 عربات منجزرة .	تستطيع المنظومة التسديد الى 6 اهداف في الدقيقة تستخدم في الفرق . تنشر على بعد (3-15) كم من خط التماس القتالي . زمن النشر (10-15) دقيقة .
466L منظومة سطع الكتروني فني استراتيجي . الولايات المتحدة 1963	جمع وتحليل وتوزيع وارسال معلومات سطع الوسائط الالكترونية الفنية .	(0,15 -12000) ميقاهيرتز	المحطات الثابتة FLR-14 , FLR - 12 , FLR-9 واجهزة تركب على الطائرات والاقمار الصناعية .	المحطات الارضية منتشرة في اوروبا وباكستان وعلى الجزر الفلبيينية (قاعدة كلارك) وفي الالاسكا واليابان .
PST - 538 مسدد راديوي، المانيا الغربية .	كشف محطات الاتصالات اللاسلكية والتسديد اليها .	100 كيلوهيرتز – 30 ميقاهيرتز .	عربة متحركـــة .	دقة التسديد الى الوسائط الالكترونية الفنية $\pm 0,0^{o}1$.
TRQ -32 (V) محطة سطع راديوية الولايات المتحدة .	كشف والتقاط وتحليل الارسالات اللاسلكية .	(0,5 - 150) ميقاهيرتز .	عربة حمولتها 1,25 طن .	تسلح بها وحدات السطع والحرب الالكترونية في الفرق . تنشر على بعد (3-5) كم من خط التماس القتالي . زمن النشر 30 دقيقة .

1	2	3	4	5
TRD - 26 محطة سطع راديوي الولايات المتحدة.	التقاط وسائط الاتصالات اللاسلكية والتسديد اليها.	(1 - 20) ميقاهيرتز.	عربة متحركة.	تستخدم في الفرق.
TSQ - 100 منظومة سطع الكتروني فني مؤتمتة. الولايات المتحدة.	تحديد احداثيات محطات الراد ار ومواصفاتها.	(2 - 18) قيقاهيرتز.	عربة متحركة.	
TSQ - 105 نقطة انتاج المعلومات الناتجة عن السطع اللاسلكي. الولايات المتحدة	انتاج معلومات السطع اللاسلكي وتوجيه وسائط وحدات السطع والحرب الالكترونية.		عربة متحركة.	توجد في تسليح مجموعات السطع والحرب الالكترونية التابعة لفيالق القوات البرية في الولايات المتحدة.
TSQ - 109 "اهيتلينز" منظومة سطع الكتروني فني وتحكم. الولايات المتحدة 1983.	التعارف على محطات الراد ار وتحديد احداثياتها وتوجيه الوسائط النارية ووسائط التشويش البرية والجوية.	(500 - 18000) ميقاهيرتز.	5 عربات حمولتها (1,25-2,5) طن مع مقطورة حمولتها 0,75 طن او عربتان و 3 عربات مدرعة.	يدخل في تركيب المنظومة 3 محطات التقاط راديوي وتسديد. تحدد الانزياح الدائري المحتمل لموقع محطات الراد ار حتى 30 م عندما يكون المدى 30 كم. تستخدم في مجموعات السطع والحرب الالكترونية في فيالق القوات البرية.
TSQ - 112 "تاسيلينز" منظومة سطع راديوي وتحكم الولايات المتحدة 1980.	التقاط وسائط الاتصالات العاملة على الامواج القصيرة والقصيرة جدا والتسديد اليها حتى مدى (20 - 30) كم وتوجيه عمل وسائط السطع الراديوي و التشويش ضدها.	(0,5 - 500) ميقاهيرتز.	(24-28) عربة على عجلات ومجنزرة.	تتألف من (4-6) مسددات يتم التحكم بعملها من على بعد ومركز انتاج معلومات مؤتمت يستطيع التعامل مع 14 مركز تسديد راديوي. تستخدم في تسليح وحدات السطع والحرب الالكترونية في قوات الولايات المتحدة البرية.

1	2	3	4	5
TSQ - 113 منظومة سطع راديوي الولايات المتحدة	التقاط راديوي للاتصالات القصيرة جدا والتسديد عليها.			تتألف من 6 مراكز تسديد راديوي و 3 مسددات راديوية .
وسائط السطع الالكتروني الفني المركبة في السفن				
SLR-12 , SLR-14 مستقبلات سطع راديوية الولايات المتحدة .	كشف واستقبال اشارات الوسائط الالكترونية الفنية .	(2 - 18) قيقاهيرتز .	السفن صغيرة الحمولة .	
SR - 200 منظومة سطع الكتروني فني مؤتمتة ،الولايات المتحدة .	كشف والتقاط وتحليل اشارات الوسائط الالكترونية الفنية والتسديد اليها .	500 ميقاهيرتز - 18 قيقاهيرتز، هنالك عمل لتعريض المجال الترددي حتى 40 قيقاهيرتز .	السفن مختلفة الصنوف في حلف ناتو والدول الداخلة فيه	مرتبطة مع منظومة حماية السفن من الصواريخ (سطح - سطح) أي (بحر - بحر) .
WLR - 1 محطة سطع الكتروني فني ،الولايات المتحدة .	التقاط وتحليل الاشارات والتسديد الى الوسائط الالكترونية الفنية .	(50 - 10750)ميقاهيرتز		
WLR - 14 محطة سطع الكتروني فني الولايات المتحدة .	الالتقاد والتحليل بواسطة حاسوب الكتروني وتحديد نوع السفن المركبة عليها الوسائط	40 كيلوهيرتز - 40 قيقاهيرتز		
WLR -8V 5 منظومة سطع الكتروني فني،الولايات المتحدة 1971 .	كشف وتسديد اوتوماتيكي والتعارف والتسجيل لاشعاعات الوسائط الالكترونية الفنية المركبة على الطائرات والسفن المضادة للغواصات وتستطيع ايضا التعارف على اشعاعات الوسائط المديقة .	(50 - 18000) ،ميقاهيرتز (بسبب اضافة تجهيزات اخرى يمكن ان يعرض المجال ليصل حتى 40 قيقاهيرتز) .	سفن السطح والغواصات طراز "اوهايو" و" لوس انجلوس" .	تتميز بتصميم يتحكم بعمله حاسوب يستطيع التعارف على الوسائط وتصنيفها ويعطي معلوماته الى شاشات عرض يعمل بالتوافق مع وسائط المعاكسة الالكترونية ومنظومة توجيه النيران في السفينة تحتوي ذاكرة الحاسوب على معلومات عن 200 محطة رادار،حساسية المستقبل(70-80) ديسيبل/واط .

1	2	3	4	5
سيوز– 1، سيوز– 2 سيوز– 3• محطة سطع الكتروني فني بريطانيا 1968.	التقاط وتحليل اشارات الوسائط الالكترونية الفنية والتسديد اليها (مع القياس الاتوماتيكي للتردد والاتجاه).	(1–18) قيقاهيرتز (يمكن تعريض المجال ليصل حتى 40 قيقاهيرتز) • .	على السفن الصغيرة (سيوز– 1) • على السفن المتوسطة (سيوز–2) على السفن الكبيرة (سيوز– 3)	تعمل المحطة على طريقة الانتاج الرقمي للمعلومات والاظهار الحرفي الرقمي على الشاشة لمواصفات الاشارات (العرض، التردد، التردد التكراري، المطال، المجال الترددي العامل والاتجاه الى الوسائط المكتشفة) • الحساسية (40–65) ديسيبل، المجال الديناميكي 60 ديسيبل • دقة تحديد الاتجاه (4,0°–3°,5) ± مرتبطة مع حاسوب ومحطة تشويش الكتروني نموذج " سيميتار" ولوحة تحكم لقذف العواكس الديبولية الراديوية والاهداف الحرارية الكاذبة •
SLR-600 , SLR-610 SLR-640 منظومة سطع الكتروني فني الولايات المتحدة .	كشف والتقاط وقياس مواصفات اشارات مصادر الاشعاع الراداري وتحديد هويتها .	(2 – 200) قيقاهيرتز .	حسب نماذجها، تركب على المدمرات والفرقاطات وزوارق الدورية وغيرها من السفن ذات الاطقم القليلة العدد	تحديد هوية محطات الرادار المكتشفة ومقارنة مواصفات الاشارات المستقبلة مع المحفوظة في الذاكرة (لـ 100 محطة رادار). يظهر على الشاشة مواصفات واتجاهات 15 محطة في بنفس الوقت. تقاس مواصفات محطات الرادار بواسطة نبضة واحدة .
TMV 433 , TMV-434 محطة سطع الكتروني فني وانذار عن الاشعاع الراداري • فرنسا 1970 .	كشف وتحليل وتحديد (حتى 10 مواصفات) للاشارات وتحديد نوع محطة الرادار والاتجاه اليها وتوجية نيران السفن والطائرات ورؤوس التوجيه الذاتية للصواريخ •	(0,5 – 20) قياهيرتز .	السفن صغيرة الحمولة والغواصات وحوامات الاسطول البحري الحربي في 25 بلد (يوجد في خلف الناتو 170 محطة) .	تتألف من المستقبل الراديوي العريض المجال DR-4000 (قياس آني للتردد)، ومن محللات اوتوماتيكية رقمية وجهاز عرض وتجهيزات تحكم• يظهر المسرح الراداري على شاشة على شكل تحليلي ورقمي ، الامر الذي يسمح بالتعارف على محطة الرادار (عدو – صديق) ومعرفة نظام عمل وسائط التشويش السلبي والايجابي •

الملحق رقم /7/ المواصفات الرئيسة لطائرات السطع والحرب الالكترونية بدون طيار

الرمز، بلد المنشأ، سنة الصنع	الوظيفة	الوزن اثناء الاطلاق ، كغ	سرعة الطيران كم / سا	المدى الاقصى للطيران كم / زمن الطيران، سا	نظام التوجيه	وسائط السطع والمعاكسة الالكترونية	معلومات اضافية
1	2	3	4	5	6	7	8
الطائرات – بدون طيار – الثقيلة							
YQM-94A الولايات المتحدة 1981.	سطع الوسائط الالكترونية الفنية وتشكيل تشويش الكتروني .	5890	600	10000 / 30 على ارتفاع من من 15 حتى 21كم			يمكن تعليق صواريخ "شرايك" و "مايفريك" على النخس
الطائرات – بدون طيار – المتوسطة							
AQM – 34G الولايات المتحدة 1970.	الاعماء الالكتروني لمحطات رادار قوى الدفاع الجوي بتشويش سلبي وايصال مرسلات ذات الاستخدام لمرة واحدة .	1670	780	2400 / 3,0	مبرمجة ويتم التحكم بها بواسطة اوامر لاسلكية .		تحتوي على حاوية بها وسائط تشويش سلبي وايجابي ومرسلات ذات الاستخدام لمرة واحدة . ترمى من عليها بواسطة مظلات. الاحتياطي من العواكس الديبولية الراديوية 150 حزمة. تقذف من الطائرة الحاملة نموذج DC- 130A .
AQM – 34H الولايات المتحدة.	الاعماء الالكتروني لمحطات قوى الدفاع الجوي الرادارية.	1700	780	2400 / 3,0	مبرمجة ويتم التحكم بها بواسطة اوامر لاسلكية .	حاويتان ALE او ALQ-72 150 حزمة من العواكس الديبولية الراديوية ومرسلات تشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة تنزل بالمظلات .	

1	2	3	4	5	6	7	8
AQM - 34L الولايات المتحدة .	سطع محطات رادار قوى الدفاع الجوي واعماءها الكترونيا.	1390	780 1040	1040 / 1 - 2		حاويتان مع وسائط تشويش سلبي وايجابي . 150 حزمة من العواكس الديبولية الراديوية ومرسلات التشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة ،تنزل بالمظلات .	
AQM - 34V 1975 الولايات المتحدة	سطع محطات الرادار،تشكيل تشويش سلبي وايجابي لحماية الطيران الضارب .	1800	780	2400 / 3,0		محطات تشويش ضجيجي ،رشاشان طراز ALE-38 ومنظومة سطع راديوي (لاسلكي)	معدلة عن AQM-34H . تنطلق من الطائرة DC-130.A او من قواعد اطلاق ارضيه .
BMQ-34G 1975 الولايات المتحدة	سطع ومعاكسة الكترونية واستخدام صواريخ موجهة وقنابل جوية موجهة .	1490	960	1200 / 1,25 على ارتفاع 1,2	التحكم لاسلكي .	وسائط كشف واعماء الكتروني لمحطات رادار قوي الدفاع الجوي.	يمكنها ان تحمل الصواريخ "مايفريك" والقنابل"هوبو".

1	2	3	4	5	6	7	8
BMQ - 34F الولايات المتحدة 1973	معاكسة الكترونية	1100	1000 كم/سا على ارتفاع 18 كم	1100	التحكم لاسلكي من الطائرة الحاملة .	محطة تشويش SLQ-2,SLQ-3 تطلق من الطائرة DC-130A او P-2E "نبتون"	تطلق من قاعدة اطلاق ارضية ايضا وحين يتم اسقاطها من الطائرة DC-130 فتسقط بمظلة .
MQM - 74A "تشيكار" الولايات المتحدة	هدف راداري كاذب، سطح وتشكيل تشويش راديوي	200 كغ الوزن المفيد 80 كغ	900 كم/سا على ارتفاع 14 كم	750 / 0,5	مبرمجة والتحكم لاسلكي		تطلق من قاعدة اطلاق ارضية او من الطائرة DC-130 و A - 7
"بليك فلاي" الولايات المتحدة	معاكسة الكترونية	120	114 كم/سا	700 / 6,0			
MQM - 74 A "تيشكار" الولايات المتحدة .	هدف راداري كاذب، سطح وتشكيل تشويش راديوي .	200 كغ الوزن المفيد 80 كغ	900 كم/سا على ارتفاع 14 كم	750 / 0,5	مبرمجة والتحكم لاسلكي .		تطلق من قاعدة اطلاق ارضية او من الطائرة DC-130 و A - 7 .
"بليك فلاي" الولايات المتحدة	معاكسة الكترونية	120	114	700 / 6,0			

1	2	3	4	5	6	7	8
R4E - 30 "سكاي هاي" بريطانيا والولايات المتحدة 1983 .	سطع جوي واعماء الكتروني للوسائط الالكترونية الفنية وتدمير الاهداف البرية .	200	160 كم/سا على ارتفاع 4 كم .	150/8		كمرة تصوير تلفزيونية ومسح بانورامي ووسائط معاكسة الكترونية	تطلق من قواعد اطلاق ارضية ومسلحة بصواريخ مضادة للدبابات "فايبر" اوصواريخ جوية غير موجهة عيار 70 مم .
		الطائرات	بدون	طيار	الخفيفة		
" آكيلا " الولايات المتحدة 1985 .	سطع جوي لارض المعركة وتدقيق نيران المدفعية واثارة الاهداف لتوجيه القذائف الدقيقة جدا اليها .	100	175 كم/سا على ارتفاع 3,5كم .	50/3	كمرة تصوير تلفزيونية او محطة اشعة تحت حمراء للمراقبة القريبة وقائس مسافة ومؤشر لايزري .		يوجد في كل فرقة 24 طائرة . تطلق من قواعد اطلاق ارضية هنالك مخطط لصناعة 780 طائرة و 72 قاعدة اطلاق .
CGM - 121A " بق تايغر" الولايات المتحدة 1983 .	البحث عن محطات رادار صواريخ م/ط ومدفعية م/ط وتدميرها .	115	185كم/سا على ارتفاع 3 كم .	600/7	مبرمجة وتوجيهها لاسلكي .	منظومة راديوية تحدد الاتجاهات الى الوسائط الالكترونية الفنية العاملة دون اشعاع (عمل سلبي) .	تطلق من منظومة اطلاق ارضية تحتوي على 15 حاوية اطلاق . توجد في تسليح القيادة التكتيكية لسلاح الجو .

الملحق رقم (8) التجهيزات المركبة في الطائرات والحوامات من وسائط الحرب الالكترونية

الرمز ، بلد المنشأ ، سنة الصنع	وسائط السطع الالكتروني	وسائط المعاكسة الالكترونية	معلومات اضافية
1	2	3	4
	طائرات وحوامات السطع والحرب الالكترونية		
EC-121A , EC-121H, EC-121M الولايات المتحدة	ALR-32 او ALR-52 ASQ-96	ALT -16D . ALT-15 ALT-31, ALT-32 او	يستعاض عنها بالطائرة EP - 3C او EP - 3E
EC-130H " كمباس كول " الولايات المتحدة 1982		محطة تشويش على الاتصالات اللاسلكية	الطائرة – تشكل تشويشا على وسائط وقوى قيادة وتوجيه الدفاع الجوي تستخدم هوائيات تقطر طولها 100 م .
EC-135C الولايات المتحدة "	USD -7	ALQ-70, QRC-362	
T.17 "كانبيرا" بريطانيا 1958	ARI-18150, ART-18 147 ARI - 18180, H2SMQ 9	ARI-18025 ARI-18051	يمكنها اعماء محطات رادار وحدات الدفاع الجوي والاتصالات اللاسلكية على الامواج القصيرة جدا المستخدمة في الطائرات المطاردة . الطاقم 3 انسان .
EB - 57 الولايات المتحدة	APR - 25 , APR-27 , ALR - 18	ALT-6 ALT -15, ALT -16, ALT-17 ALQ - 71 , ALQ - 72 , ALQ-87 ALQ - 101 , ALE - 2	استبدلت بالطائرة EF-111A

1	2	3	4
"اتلانتيك" المانيا الغربية 1150 فرنسا .	ARAX - 10A/B, ARAR-10B ARAR - 11	ARAB - 4 "بيرانيا"	مدى الطيران حوالي 15 ساعة .
EB -66B , EB -66C الولايات المتحدة ، 1966	APR -26 , APR - 37 APA - 74 المحلل ALA - 6 مسدد راديوي	ALT - 16 , ALT-15 5) QRC - 279A ,ALQ-18 ALE - 24 مجموعات). الرشاشان ALE -25 محطة تشويش ضد الرادارات	يستعاض عنها بالطائرة EF -111A -
HFB - 320 ECM " غانزاجت" المانيا			منظومة معاكسة الكترونية يعمل عليها ثلاثة اشخاص يوجد منها 7 طائرات فقط .
EF - 111A " رافن" الولايات المتحدة 1977	ALR - 62 , AAR - 34	ALQ - 99E (10 مرسلات تشويش) ALE-28 ورشاشان ALQ-137, ALQ-123 او ALE-40	يمكن استخدام الصاروخ" ستاندرآرم" زمن الطيران 5 ساعة . الطاقم -2 شخص طيار وعامل على منظومة المعاكسة الالكترونية . يوجد في الولايات المتحدة سربا حرب الكترونية فقط في كل منهما 12 طائرة . ينشر احد السربين في اوروبا .
" جاكوار" A ، فرنسا ، بريطانيا	APR -23B , ALR-45, ALR-50 ALR-52 , ALR-60	ALQ - 100 , ALE - 39	
" عرفا" EW ، اسرائيل 1980	EL/L - 8310	تجهيزات تشكيل EL/K - 7010 تشويش سلبي ضد محطات الرادار .	مصممة على قاعدة طائرة نقل عسكرية .
"تورنادو" ECR المانيا	مستقبلات كشف	محطات التشويش الايجابي في حاوية وتجهيزات قذف العواكس الديبولية الراديوية والاهداف الحرارية الكاذبة في حاويات ومعلقة تحت الاجنحة .	يمكنها ان تحمل صاروخين مضادين للرادارات AGM-88A وهارم او ALARM او SRAARM تخطط القيادة العسكرية في المانيا لشراء 120 طائرة من هذه الطائرات (ويمكن ان تكون موجودة في بريطانيا وايطاليا) .

1	2	3	4
EH - 1H الولايات المتحدة .	APR - 39 , APR - 44 AAS - 24 .	ALQ - 143 , ALQ - 151 والرشاش M - 130 .	تستخدم في طيران القوات البرية وفي وحدات الحرب الالكترونية التابعة للقوات البرية .
EH -60A الولايات المتحدة في مستهل الثمانينات .	ALR - 46 و منظومة كويك فيكس - 2 .	ALQ - 151 , ALQ - 162 M = 130 .	حتى نهاية الثمانينات ،يخطط لشراء 80 قطعة . تستخدم في وحدات الحرب الالكترونية للقوى البرية .
OV-1C , OV-1D " موهاوك". امريكا .	APR-41 ,-ALQ-133, AAS-14 APQ-142 , AAS-24	ALQ - 80 , ALQ - 71 , ALQ-136 , M-130 , او ALE - 2 , ALQ-132	تستخدم في طيران الجيوش ووحدات الحرب الالكترونية في القوى البرية .
RC - 121H, RC-121E الولايات المتحدة ،منتصف السبعينات .	ALQ-133 , APR-41 و (121H)5 - أو" هارديك" (121 E) "سيفرليدر"	ALQ-132 , , ALQ - 80 , XM-130 او ALE-2	تستخدم في طيران الجيوش ووحدات الحرب الالكترونية في القوى البرية .
RC - 12D الولايات المتحدة ،منتصف السبعينات	منظومة سطع لاسلكي وتشويش ضد الاتصالات اللاسلكية " هاردلير معدل" .		
EA - 6A "انترودير" الولايات المتحدة 1968 .	ALR -15 , APR-25, ALR-19 ALR-18 .	ALR-71 , ALR-31 , ALR-92 ALR-76, ALE-39 . يركب في النموذج المعدل ALQ - 165 ؛	تم بناء 33 طائرة . تنوب عن الطائرة EA - 613 .
EA - 6B "براولر" الولايات المتحدة ، الاسطول الحربي البحري 1972 .	ALR-67 , ALR-42 , ASQ-96	ALQ - 99 (حتى 5 حاويات) ALQ - 92 , ALQ-126 (10مرسلات تشويش راديوي) الرشاشان ALE-39 , ALE - 32	مجهزة بحاسوب رقمي. يمكنها تشكيل تشويش راديوي ضمن المجال من 64 حتى 10500 ميقاهيرتز بكثافة استطاعية من 15 حتى 100 واط/ميقاهيرتز. الطاقم: طيار وثلاثة عمال على اجهزة المعاكسة الالكترونية .

1	2	3	4
RF - 4C طائرة سطع تكتبكبي . الولايات المتحدة 1970 .	ALR-25, ALR-17 محطة سطع حراري AAL-5 بعض الطائرات مجهز بنظام سطع الكتروني فني ALQ-125 .	ALQ - 101 .	
" اوربون" EP-3C طائرة سطع الكتروني فني الولايات المتحدة .	ALR-60 , ALR-52, ALR-78	ALQ - 108 .	
	الطائرات والحوامات	القتالية	
B-1B الولايات المتحدة 1985 .	(2-1)محطة (مجالها الترددي من 0,5 حتى 18 قيقاهيرتز)	ALQ-135 او ALQ - 161 ALE-43 .	
B-52G , B-S2H الولايات المتحدة 1961 .	ALR-23 , ALR-64	ALQ-123 , ALQ-122, ALQ-117, ALT-28 ALQ-149 , ALQ-126 , ALE-25, ALE-24 ALT-31	
FB - 111A الولايات المتحدة 1969 .	AAR-46 , ALR-41 , ALR-62	ALQ - 137 , ALQ- 131 , ALE-41 ALE - 40 .	
"ميراج" VI فرنسا 1963 .	محطة سطع الكتروني فني واحدة (1 - 18) قيقاهيرتز .	4محطات تشويش ايجابي (2-10)قيقاهيرتز عواكس ديبولية راديوية ، اهداف حرارية كاذبة ومرسلات تشويش ذات الاستخدام لمرة واحدة .	

1	2	3	4
"فانتوم" F-4D، F-4E مطاردة تكتيكية 1967.	ALR-46 , APR-38 , AAR - 46 ALQ - 165 .	ALQ - 123 , ALQ - 119 , ALQ-140 ALQ - 132 , ALQ-131 , ALE-40.	
F-4G " وايد ويزل" طائرة ابعاد الدفاعات الجوية ،الولايات المتحدة 1977 .	ALR-69 او APR - 38	ALQ - 119 , ALQ-101 , ALE-40, ALQ - 131 .	
"فايتنق فالكون " F-16B الولايات المتحدة 1987 .	AAR-34 , ALR - 46	ALQ-123, ALQ-119, ALE-40, ALQ-131	
" هاريير" F-18B مطاردة تكتيكية . الولايات المتحدة.	AAR-44 , ALR-67 , AAR-46	ALQ-165 , ALQ-131, ALE-39	
"تاندربولت" – 2 (A-10A) طائرة مغيرة ،الولايات المتحدة .	AAR-34 , ALR-46	ALQ-131 , ALQ-119 , ALE-28 , ALQ-132 .	
"اباتشي" AH - 64A حوامة ضاربة ،الولايات المتحدة 1984.		وسائط اعماء الكتروني ضوئي للحماية الفردية.	
طائرات الاسطول البحري الحربي. الولايات المتحدة .	AAS- 33, AAS28 A, ALR-45, ALR-42, ALR-67, ALR-50, APR-23B, ALR-68, APR-27	ALQ-126, ALQ-111, ALQ-96, ALQ-165, ALQ-162, ALQ-130, ALE-29A, ALE-18 ALT-27, ALE-41, ALE-39, ALE-30	
حوامات تستخدم من على السفن. AH-1, UH-1, CH-46, CH-53 SH-3H, SH-60B .	ALR-54, ALR-52, ALQ-142, ALQ-108, ALR-66	ALQ-143, ALQ-102, ALQ-98, ALE-39 ALQ-144.	

الملحق رقم 9/ مواد تشكيل الدخان ،المستخدمة في قوات

دول ناتو العسكرية .

التسمية	الرمز	الحالة	معلومات اضافية
1	2	3	4
..و سفور ابيض .	WP	اصفر شائب نصف شفاف قاسي (صلب) يحترق بملامسة الهواء ويشكل دخان ابيض كثيف .	قذائف صاروخية ومدفعية ،الغام ،قنابل قنابل جوية ،كاسيتات ،وحشوات متفجرة .
..وسفور ابيض يحتوي على ..وائب بلاستيكية .	PWP	كتلة على شكل كاوتشوك مكبرت لها خصائص الفوسفور الابيض .	قذائف صاروخية ومدفعية ،الغام ،قنابل قنابل جوية ،كاسيتات،وحشوات متفجرة .
..حلول كبريت لامائي من حمض ..لفيد الكلور.	FS	سائل يطلق دخان ابيض عند ملامسته الهواء .	جهاز تفريغ وتشكيل دخان جوي(في الطائرة) .
..يتان خماسي الكلور	FM	سائل لا لون له ،رائحته حادة .	جهاز تفريغ وتشكيل دخان جوي(في الطائرة) .
..زيج دخاني مادته الاولية ..كعبات من كلور الايثان	HC	مادة صلبة لها طعم الكافور	قنابل جوية ،قذائف مدفعية ،خرطوش وقنابل .
..يت نفطي مخلوط بالكيروسين ..بالوقود الصاروخي .	SGFI SGF2 DCEA 131A	سائل زيتي .	عربات واوعية دخان .
..وقود ديزل .		سائل زيتي .	عربات واواني تدخين .
..زيج ملون دخاني :		مزيج صلب .	
احمر	RS		قنابل ،طلقات ،الغام ،قذائف مدفعية وقذائف صاروخية .
اخضر	GS		
اصفر	YS		
بنفسجي	VS		

الملحق رقم /10/ وسائط تشكيل الدخان في قوات حلف
ناتو المسلحة ودوله .

التسميـــــــــة	ذخائر " مشكلات الدخان " الرمـــز	الوزن ،كغ	زمن تشكيل الدخان.
1	2	3	4
ذخيرة عيارها 40مم مزودة بمظلة.	RS, GS YS, VS		
قذيفة من عيار 57 مم .	WP	0,17	لحظـــي
لغم من عيار 60 مم .	WP	0,35	لحظـــي
صاروخ جوي غير موجه من عيار 70مم .	WP, RS GS, YS		لحظـــي
قذيفة من عيار 75 مم .	WP	0,61	لحظـــي
105 مم .	WP	1,84	لحظـــي
لغم من عيار 106,7 مم .	WP , PWP	3,4	لحظـــي
قذيفة من عيار 155 مم .	HC, RS, GS YS , VS	7,1	لحظـــي
علبة مدخنة وزنها 30 باوند .	HC	12,5	(10 - 15) دقيقة .
علبة مدخنة طافية M7	SGF2	5,9	(12 - 17) دقيقة .
عربات تشكيل دخان .	F.s SGF1 SGF2		(1,5 - 2) دقيقة .
قنبلة جوية .	HC WP	0,5	لحظـــي
قنبلة جوية . M47A4	WP PWP	40	لحظـــي
ذخيرة جوية ساكبة . M10	FS	218	لحظـــي
ذخيرة جويـــة مدخنة .	FS	300	

الملحق رقم / 11/ مواصفات وسائط الحرب الالكترونية المستخدمة

في الحرب العالمية الثانية

الرمز ،التسمية ،بلد المنشأ سنة الصنع .	المجال الترددي ميغاهيرتز .	مجال التشويش ميقاهيرتز .	الاستطاعة واط .	ملاحظات
1	2	3	4	5
APT-1 " كازبيت" مرسل جوي لتشكيل تشويش حاجبي ضجيجي ضد محطات الرادار الولايات المتحدة 1943 .	(220 - 90) (37 - 333) سم	6,0	15	تشويش ضد محطات رادار الانذار المبكر ،يسدد بواسطة المستقبل الراديوي APR-4 .
APT-2 " كاربيت" ـ 1 ،مرسل جوي لتشكيل التشويش ضد محطات الرادار . الولايات المتحدة 1943	(720 - 450) (42 - 66) سم	7,0	6,0	تشويش حاجبي ضجيجي ضد محطات الرادار المستخدمة لتوجيه المدفعية " فيور تسبورغ " . المرسل مصمم على صمامات ثلاثية .
APT-3 " متدريد" مرسل جوي لتشكيل تشويش ضجيجي ضد محطات الرادار. الولايات المتحدة 1943	(150 - 85)	3,0	20	تشويش ضد محطات الرادار ذات مدى الكشف البعيد . المرسل مصمم على صمامات ثلاثية .
APT-4مرسل تشويش ضجيجي تسديدي ضد محطات الرادار . الولايات المتحدة ، 1943	(780 - 160)	(10 - 7)	(150 - 50)	تشويش ضد محطات رادار توجيه المدفعية " فيور تسبورغ " . المرسل مصمم على صمام الماغنترونذي الاشعاع المستمر .
APT-5"كاربيت"ـ 4مرسل تشويش ضد محطات الرادار ، الولايات المتحدة 1945 .	(1200 - 350)	(5 - 3)	(30 - 20)	تشويش ضجيجي مباشر"أمامي" ضد محطات رادار توجيه المدفعية "فيور تسبورغ" .
APT-9،مرسل جوي للتشويش التسديدي الضجيجي الامامي ضد محطات الرادار الولايات المتحدة 1944	(2500 - 300)	(8 - 2)	(25 - 10)	يتم التسديد بواسطة المستقبل الراديوي APR - 4 .

1	2	3	4	5
APT-10 ،مرسل جوي لتشكيل تشويش ضجيجي تسديدي ضد محطات الرادار • الولايات المتحدة •	(4030 - 2230)	0,5	(30 - 25)	مولد التردد العالي مصمم على ماغنترون ذي اشعاع مستمر •
APQ-8 "دينا" مرسل تشويش جوي ضد محطات الرادار ،الولايات المتحدة •	(100 - 25)	0,15	(40 - 20)	تشويش ضد محطات الرادار ذات مدى الكشف البعيد وتوجيه البروجكتورات م/ط •
APQ - 2 "ريق" ،مرسل تشويش جوي ضجيجي •	(550 - 200)	7 , 0	8 , 0	التشويش ضد محطات الرادار الساحلية • يتم التسديد بواسطة المستقبل الراديوي APR- 4 • المرسل مصمم على صمام ثلاثي •
APQ-9 "كاربيت" — 3 مرسل تشويش ضجيجي جوي ضد محطات الرادار، الولايات المتحدة 1944	(585 - 475)	7 , 0	(30 - 20)	تشويش ضد محطات رادار توجيه المدفعية والصواريخ م/ط •
APQ-1 "توبا" مرسل تشويش ضجيجي بري ضد محطات الرادار • الولايات المتحدة 1943	(6000 - 480)		30000 - 50000	تشويش ضد محطات رادار الطيران المطارد، عامل تضخيم الهوائي — 600 • مركب على 9 عربات •
Windou "تشاف" ،عواكس ديبولية راديوية من الورق المفضض الولايات المتحدة وبريطانيا • 1943 - 1942	(600 - 450)		—	في كل حزمة 200 0 شريط • طول الشريط 25,4 و 29,3 سم •

1	2	3	4	5
APR-4، مستقبل سطع راديوي امريكا .	(3000 - 90)	—	—	له اربعة رؤوس تردد عالي ،البيان سمعي •
APR -24، مسدد راديوي ، امريكا	(450 - 100)	—	—	
" كاتدهوند" ،مرسل تشويش ضد محطات الرادار • المانيا•	1200 - 200	20		

الملحق رقم /12/ المواصفات العامة لوسائط الحرب الالكترونية
المستخدمة في الحروب الاقليمية .

التسمية	الوظيفة	المجال الترددي العامل عرض حزمة التشويش	الاستطاعة كثافة استطاعة التشويش	الحامل (مكان التموضع).
1	2	3	4	5
محطات تشويش الكتروني ايجابي جوية .	تشكيل تشويش ايجابي ضد محطات الرادار ذات مدى الكشف البعيد ،والتي تصدر دلالة عن الاهداف وتوجيه الطيران المطارد .	(3000-100) ميقاهيرتز (1 - 25) ميقاهيرتز	(500 - 100) واط (5 - 10) واط/ميقاهيرتز	الطائرات الاستراتيجية وطائرات الحرب الالكترونية .
	تشكيل تشويش ايجابي ضد محطات رادار توجيه صواريخ الدفاع الجوي.	(10000-3000) ميقاهيرتز (1 - 100) ميقاهيرتز	(1000 - 150) واط (50-100) واط/ميقاهيرتز	الطائرات العادية والطائرات بدون طيار في الجسم او في حاوية .
	تشكيل تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية على الامواج القصيرة جدا .	(3 - 300) ميقاهيرتز		طائرات الحرب الالكترونية .
العواكس الراديوية .	تشكيل تشويش سلبي ضد محطات رادار الكشف وانتاج الدلالة عن الاهداف وتوجيه الطيران المطارد وصواريخ الدفاع الجوي الموجهة .	المجالات السنتميترية والديسمترية والمترية .		جميع انواع الطائرات وقذائف مدفعية تستخدم من على السفن .
محطات تشويش برية ضد محطات الرادار	تشكيل تشويش ايجابي ضد محطات الرادار الجوية (الموجودة على الطائرات) .	مجال الامواج السنتمترية	حتى 1 كيلو وات	عربات متحركة ومقطورات .
محطات تشويش برية ضد الاتصالات اللاسلكية	تشكيل تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية القصيرة ،والقصيرة جدا الصادرة عن وسائط اتصالات القوى البرية والطيران	(1,5 - 300)ميقاهيرتز	حتى 1 كيلو واط	عربات متحركة .

1	2	3	4	5
مستقبلات سطع راديوي جوية .	كشف والتقاط اشارات محطات الرادار ووسائط الاتصالات .	ميقاهيرتز (10750 – 100) —	–	طائرات الحرب الالكتروني وطيران الاستطلاع .
مسددات راديوية جوية .	تسديد راديوي على الوسائط الالكترونية الفنية .	ميقاهيرتز (10750 – 100)		= =
مستقبلات سطع راديوية برية .	كشف والتقاط وتحليل اشارات الوسائط الالكترونية الفنية .	ميقاهيرتز (20000 – 1) –		عربات متحركة ومقطورات .
مسددات راديوية برية .	التسديد على الوسائط الالكترونية الفنية الجوية والبرية .	ميقاهيرتز (20000 – 1)		عربات متحركة .
محطات سفينية للتشويش على محطات الرادار .	تشكيل تشويش ايجابي ضد محطات الرادار البحرية والجوية (المركبة على الطائرات) .	ميقاهيرتز (10900– 8000)	500 واط	سفن السطح .
اهداف راديوية كاذبة .	تضليل عمال محطات الرادار .	المجالات السنتمترية والديسمترية والمترية .	—	طائرات الحرب الالكترونية والطائرات الاستراتيجية .
مصائد واهداف كاذبة حرارية (تحت حمراء) .	ابعاد الصواريخ ذات رؤوس التوجيه الذاتي الحرارية عن الطائرات .	مجال الترددات تحت الحمراء		جميع أنواع الطائرات .

الملحق رقم/13/ تطور وارتقاء وسائط واساليب الحرب الالكترونية في الحروب العالمية والاقليمية .

تسمية العمليـة (الاعمال القتاليـة)	اجراءات واساليب الحـرب الالكترونية	القوى والوسائط المشاركة	النتائج التي تم التوصل اليهـا	اتجاهات تطور الحرب الالكترونية
1	2	3	4	5
الحرب الالكترونية في الحرب العالميـة الاولـى				
عمليات حدودية محدودة (معزولة) واعمال قتالية للاساطيل على مسرح الحرب في شرق اوروبا . (1917 - 1916)	ظهور وتشكيل عرضي للتشويش ضـد اتصالات اركانات الجيوش اللاسلكية والفرق والفيالق ايضا، وعلى اتصالات السفن المنفردة العاملة على نظام التلغراف. وارسال برقيات لاسلكية كاذبة .	محطات الاتصال اللاسلكية والمرسلات الخاصة للتشويش ضد الاتصالات اللاسلكية للجيوش الالمانية .	حوادث منفردة لوحظ فيها اعاقة او تأخير في استقبال البرقيات اللاسلكية ،كما لوحظ تضليل للعدو لزمن قصير.	لم ير التشويش الراديوي والتمويه الراديوي كعناصر في الحرب الالكترونية التطور اللازم بسبب غياب التكنولوجيا المناسبة ولم تظهر اثرا على نجاح الاعمال القتالية . اعطت الاطراف المتحاربة الاهمية الاولى لالتقاط المخاطبات اللاسلكية لتحديد تجمعات وأفعال قيادات العدو وتوجهاتها، ولتجنب السطع الراديوي والحمايـة من التشويش والتمويه الالكتروني، بدأوا يستخدمون الشيفرة والكودات في تبادل البرقيات اللاسلكية .
الحرب الالكترونية في الحرب العالمية الثانيـة. الحرب الالكترونية اثناء العمليات على المسرح القتالي الغربي .				
المعارك من اجل بريطانيا (آب 1940- أيار 1941)	تضليل راديوي لاطقم القاذفات الالمانية وابعادها عن اهدافها بطريقة العمل على ترددين وبث اشارات كاذبة او سحبها لتصبح باتجاه المخطط الاحداثي لمحطات الاذاعة واستخدام معيدات ارسال لاشارات كاذبة تقلد العلامات الراديوية الملاحية العاملة في سلاح الجو الالماني كمرشدات راديوية عند الوصول الى مواقع اسقاط القنابل الجوية .	معيدات ارسال اشارات تقلد العلامات الراديوية ومحطات الاتصالات اللاسلكية .	فقدت اطقم القاذفات الالمانية التوجه في ظروف التضليـل الراديوي واسقطوا قنابلهم الجوية بعيدا عن الاهداف المقصودة واحيانا اسقطوها في مضيق المانش . ونتيجة لذلك انخفضت نسبة اصابات قنابل القاذفات الالمانيـة لتصل الى 80 %.	كان التضليل الراديوي طريقة فعالة في تقليص او الحد من نتائج تأثير الطيران (الالماني) وكان عاملا فعالا في الانتصار في معركة الاثير وبالتالي في معارك من اجل انكلترا.

1	2	3	4	5
معارك الاطلنطي (1939 - 1945)	تم اكتشاف اشعاعات محطات الرادار المركبة على الطائرات المضادة للغواصات وعلى سفن الخلفاء بواسطة المستقبلات الراديوية ،وبعدها انذرت اطقم الغواصات الالمانية واستخدمت على الغواصات اغطية تمتص الاشعاعات الراديوية واهداف كاذبة للتمويه الراداري، بعدها اخذ الحلفاء يبدلون من ترددات محطاتهم للحيلولة دون سطعها من قبل الالمان .	مستقبلات انذار، اطقم الغواصات التي انذرت عن الوجود الاشعاعي واخيرا المواد الماصة للاشعاعات الرادارية والاهداف الكاذبة .	تمكنت الغواصات الالمانية من الاختفاء والهروب من ضربات قوى م/غ التابعة للحلفاء في الوقت المناسب، الامر الذي خفف من خسائرها وجعلها تستطيع توجيه ضربات مؤلمة بالحلفاء . لوحظ آزدياد الخسائر في طرف الغواصات عندما كان الحلفاء يهيمنون على الاثير	انتصارات متناوبة في صراع محطات الرادار ضد قوى الغواصات ، ادى استخدام وسائط السطع الراديوي والاغطية الماصة للاشعاعات الرادارية من قبل الغواصات الالمانية الى الاقلال من خسائر الغواصات وزيادة خسائر قوافل الحلفاء وعند انخفاض فاعلية محطات رادار الحلفاء استطاع الالمان ان يدمروا حوالي 80% من سفن الحلفاء وعند انخفاض فاعلية الغواصات المعاكسة ارتفعت خسائرها لتصل من 3 الى 4 مرات .
العمليات الجوية والاعمال القتالية الاخرى لسلاحي جو امريكا وبريطانيا في غرب اوروبا (تموز 1943 - ايار 1945) .	شكل الطيران تشويشا سلبيا و ايجابيا واستخدم اهداف رادارية كاذبة لاعماء محطات رادار توجيه نيران مدفعية م/ط والطيران.	5 نماذج من العواكس الراديوية و10 نماذج من مرسلات التشويش الايجابي. كانت كثافة استطاعة التشويش متراوحة بين(1-100) واط/ميقاهيرتز. كانت الاطقم تسقط العواكس الديبولية الراديوية كل دقيقة عندما تصبح بعيدة عن الاهداف بمسافة قدرها 50 كم. ومع اقتراب نهاية الحرب اصبح 10% من القاذفات يمتلك مرسلات تشويش راديوية هذا في سلاح الجو البريطاني، اما في سلاح الجو الامريكي فركبت هذه المرسلات على جميع القاذفات وعلى الطائرات المخصصة للتشويش الراديوي .	لم تستطع محطات رادار المانيا كشف وتحديد احداثيات الطائرات وتوجيه نيران مدافع م/ط وتوجيه الطيران المطارد الى الاهداف، اثناء هيمنة التشويش الالكتروني واستخدام اهداف رادارية كاذبة من قبل الحلفاء . والحماية من التشويش،ركبت تجهيزات اضافية في محطات رادار المانيا لكن بسبب عدم تشغيلها في الوقت المناسب لم تستطع تنفيذ اهدافها. انخفضت فاعلية قوى الدفاع الجوي الالماني في ظروف التشويش الى 4 مرة :	

1	2	3	4	5
اعمال قوى الدفاع الجوي البريطانية (1943- 1945)	تشكيل تشويش الكتروني ضدشبكات الاتصالات اللاسلكية ومحطاترادار توجيه الطائرات المغيرة وانظمة التوجيه عن بعد للصواريـــــخ البالستيكية نموذج QAY -2 وتضليلها الكترونيا .	محطات تشويش جوية وبرية ضد الاتصالات اللاسلكية ،محطات اتصالات لاسلكية برية لارسال اوامر كاذبة ومحطات تشويش . قوية ضد محطات الرادار البرية ومحطات تشويش ضد محطاتالرادار المستخدمة على القاذفات البريطانية .	فلتدمير طائرة واحدة محمية بالتشويش الالكتروني ،صرف الالمان 3000طلقة مدفعية اما عند غياب التشويش فكان يكفي 800 طلقة لذلك . وبفضل التشويش استطاعالحلفاء الحفاظ على 500 قاذفة و 5000 محارب علىمسرح الاعمال القتالية الغربي . اعاق التشويش الراديوي مطاردات سلاح الجو الالماني من استقبال الاوامر،امـــا الاوامر الكاذبة فحالت دون التوجه الصحيح لها الى قاذفات الحلفاء . امـــا التشويش ضد محطات الرادار فكان قد اعمى شاشات التقاط الطائرات المطاردة والتسديد اليها وجعل قيامها بملاحقة وتدميرقاذفات الحلفاء بالقرب من مضيق المانش من الامور المعقدة . وادى التشويش الراديوي الموجه ضدالصواريخ QAY-2 الى توقف محركاتها عن العملوالسقوط قبل ان تصل الى اهدافها.	اعتبر التشويش الالكتروني والاوامر الكاذبة واسطة فعالة لقطع دارة كشف وتدمير قاذفات سلاح الجو والاهداف الارضية في بريطانيا بواسطة صواريخ وطائرات العدو.

1	2	3	4	5
عملية الانزال في النورماندي التي قامت بها القوات الامريكية والبريطانية (حزيران – تموز 1944).	تشكيل تشويش الكتروني سلبي وايجابي ، استخدام اهداف كاذبة وماكيتات لإعماء محطات رادار الكشف البعيد وتوجيه نيـــــران المدفعية الساحلية ومدفعية م/ط تشكيل تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية وتوجيه طائرات الطيران المطارد وتحقيق التضليل .	حوالي 800 طائرة ، مرسلات تشويش الكتروني برية وبحرية ، تجهيزات تشكيل تشويش سلبي ضد محطات الرادار ، اهداف رادارية كاذبة ماكيتات للعتاد القتالي ومظليون، صواريخ وقذائف المدفعية البحرية مع عواكس ديبولية راديوية ، سفن صغيرة مجهزة بعواكس رادبوية زاوية ، استخدمــــت بالاشتراك مع اطلاق الدخـــان التمويهي .	تدمير عقد الاتصالات وحوالي 80% من المراكز الردارية الموجودة على الساحل الشمالي لفرنسا ، التمويه عن السطـــع الراداري والبصري والضوئي الذي طبق لصالح قوات الانزال الرئيسية بين النورماندي و المانش ، تقليد انزال في اتجاه كاذب خلال كالي في منطقة بولون – كالي . وقعت القيادة الالمانية في ضياع في منطقة الانزال ، حيث حافظت على قسم كبير مــــن الاحتياطات في موقع الانزال التضليلي ولم تتخذ ايـــــة تدابير لصد الانزال الحقيقي في النورماندي .	حرب الكترونية كثيفة ، نفذت من قبل مختلف صنوف القوات المسلحة ، جعلت انظمة سطـــــع واتصالات القوات الالمانية تفقد قسما كبيرا من عناصر تنظيمها وساعدت في نجاح الانزال الكبير للحلفاء واثناء العمليات ولد مبدأ الاستخدام المشترك لقوى ووسائط المعاكســة الالكترونية لتدمير الوسائط الالكترونيــــة الراديوية المعادية وتضليلها .
التمويه الراداري للمواقع الالمانية (1942 – 1945)	التمويه عن الكشف الراداري للاهداف البرية ونقاط العلام .	عواكس راديوية زاوية طافية ومنتشرة على البر ، كان طول كل سطح يتراوح بين (1 حتى 10) م .	تمويه المرافىء والمناطق ومحطات الطاقة الكهربائية والبحيرات الموجودة علـــى اراضي المانيا عن الكشف من قبل محطات الرادار المركبة على الطائرات، الامر الذي خلق صعوبات في كشف المواقع الالمانية وتوجيه ضربات عليها من قبل الحلفات حيث احيانا كانت ضرباتهم تصيب الاهداف الكاذبة .	الاستخدام الواسع للعواكس الرادايوية الزاوية ، الامر الذي سمح باخفاء الاهداف الحقيقية وتقليد اهدافا برية كاذبة على محطات الرادار والحد من امكانية توجيه ضربات جوية عليها.

1	2	3	4	5
خروج تشكيلات السفن الالمانية من القاعدة البحرية الحربية الفرنسية "بريست" (شباط 1942) .	تشكيل تشويش ايجابي ضد محطات الرادار الساحلية التابعة للدفاعات البريطانية .	محطات تشويش راديوي مركبة على السفن (بحرية) .	ابتعدت تشكيلات السفن الالمانية من القاعدة الفرنسية خلال المانش الى بحر الشمال اثناء تغطية التشويش الالكتروني الذي اعمى محطات رادار الدفاع الساحلي الموجودة على الساحل الجنوبي البريطاني .	وسع التشويش الالكتروني ،المشكل من قبل السفن من امكانية التغطية الامنية عن الكشف الراداري والوقاية من نيران تشكيلات السفن الكبيرة .
الحرب الالكترونية على الجبهات واثناء العمليات الاستراتيجية للجيش السوفيتي .				
عملية ستالينغراد الهجومية (كانون اول 1942 – شباط 1943) .	تشكيل تشويش الكتروني ضد الاتصالات اللاسلكية العملياتية للجيش الالماني السادس المحاصر وتشكيلات مجموعة جيوش" الدون" التي كانت تحاول الخروج من الحصار .	محطات الاتصال اللاسلكي التي ادخلت في عداد مجموعة التشويش الالكتروني ،محطات لاسلكية قوية استخدمت للتضليل اللاسلكي .	خرق اتصالات التعاون اللاسلكية بين وحدات الجيش السادس و مجموعة جيوش" الدون" وتعقيد العمليات المبرمجة مسبقا مع الوحدات التابعة لقوات الجيوش .	بداية تشكيل التشويش الالكتروني ضد الاتصالات اللاسلكية اثناء الاعمال القتالية .
الاعمال الهجومية لقوات الجبهة الشمالية – الغربية (شباط – آذار 1943) .	تشكيل تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية العملياتية المعادية على شبكات واتجاهات لاسلكية معينة .	كتيبة تشويش الكتروني مستقلة .	قطع او اعاقة استقبال حوالي 500 برقية لاسلكية و احباط 1100 ربطة اتصال لاسلكي بين اركانات مجموعتي جيوش وجيشين وفيلق واحد . تعقيد التعاون بين تجمعات العدو وتوجيه وقيادة التشكيلات التابعة .	بداية الاستخدام الفعلي لوحدات الحرب الالكترونية المتخصصة بالتعاون مع وحدات السطع الراديوي اثناء العمليات الجبهوية .

1	2	3	4	5
معركة " كورسيك" (تموز – آب 1943) .	ظهور التعاون مع كتائب السطع الالكتروني وتشكيل تشويش ضد الاتصالات العملياتية اثناء العمليات على ثلاث جبهات وارسال مجموعات رقمية بالتوافق مع ارسال برقيات كاذبة .	كتيبتا تشويش راديوي(لاسلكي)	قطع او تعقيد استقبال حوالي 10آلاف برقية لاسلكية (حتى 70% من البرقيات المرسلة) من اركانات مجموعات الجيوش وستة فيالق و 10 فرق والطيران المتعاون . اعاقة القيادة والتعاون بين تشكيلات وتجمعات القوات البرية وسلاح الجو المعادبين .	بداية تنظيم التعاون بين كتائب"وحدات" التشويش اللاسلكي لخرق اعمال التعاون بين التشكيلات والتجمعات اثناء الاعمال الهجومية .
عملية سمولنسك الهجومية (آب – تشرين اول 1943)	تشكيل تشويش الكتروني ضد الاتصالات اللاسلكية العملياتية المعادية من قبل كتائب السطع الالكتروني وبالتعاون مع كتائب التشويش الالكتروني اثناء تنفيذ العمليات على الجبهات .	كتيبة تشويش راديوي .	قطع استقبال 3500 امر عسكري"قتالي" وبلاغ وتكليف مرسلة بالراديو(90% من برقيات التبادل اللاسلكي). اعاقة وخرق الاتصالات اللاسلكية العملياتية لاركانات مجموعة جيوش" المركز " وجيشين وفيلقين ومجموعة السطع الجوي القريب .	ارتفاع كثافة التشويش ضد الاتصالات اللاسلكية. زيادة التأثير على قدرة القيادة العملياتية لقوات العدو . بداية تشكيل التشويش اللاسلكي ضد الاتصالات الجوية المعادية (اللاسلكية) .

1	2	3	4	5
عملية كورسون شفتشكوفسك "كانون الثاني – شباط 1944) .	تشكيل تشويش راديوي ضد الاتصالات اللاسلكية التكتيكية – العملياتية المستخدمة لقيادة قوات المجموعة المعادية المحاصرة .	كتيبة تشويش راديوي .	تم قطع (ابطال) استقبال 200 برقية لاسلكية عملياتية واخرت من (1-2) ساعة عشرون من البرقيات المعادية المستعجلة ، التي ارسلت على الامواج المتوسطة والقصيرة والقصيرة جدا . قطع اتصالات القيادة اللاسلكية واتصالات التعاون بين اركانات جبشين وثلاثة فيالق وعشر فرق معادية ، الموجودة ضمن الحصار او في الحلقة الخارجية له .	زيادة فاعلية التشويش الراديوي اثناء عملية تحطيم مجموعة القوات المعادية المحاصرة . بداية تشكيل تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية التكتيكية – العملياتية المعادية على الامواج القصيرة جدا .
عملية روسيا البيضاء الهجومية "باغراتيون" (حزيران – آب 1944)	قطع لاسلكي وتشكيل تشويش ضد اتصالات القيادة والتعاون اللاسلكية لمجموعات العدو المحاصرة والمدافعة	كتيبتا تشويش لاسلكي مع استخدام محطات لاسلكي تابعة وملحقة .	تم قطع استقبال 3700 برقية لاسلكية (90 % من التبادل اللاسلكي) للقوات المدافعة وحوالي 105 الف برقية صادرة عن القوات المحاصرة المعادية على الرغم من استخدام العدو لوسائل الحماية من التشويش . خرق وقطع اتصالات القيادة اللاسلكية واتصالات التعاون لـ 70 شبكة واتجاه لاسلكية	التطور اللاحق لطرق تشكيل تشويش وتضليل لاسلكيين اثناء العمليات الاستراتيجية .

1	2	3	4	5
			تابعة لاركانات مجموعة جيوش "المركز" وآربعة جيوش اخرى وخمسة فيالق و 15 فرقة مشاة ومدرعة وآركان جيش مدفعية .	
عملية جبهة البلطيق (ايلول ـ كانون اول 1944) .	تشكيل تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية العملياتية لمجموعات القوات المدافعة المعادية على جبهة عريضة (حوالي 1000 كم) في ظروف توفر اتصال سلكي امين وثابت مع بدء العملية .	كتيبة تشويش راديوي .	قطع استقبال حوالي 300 برقية عملياتية مشفرة في ظروف استخدام العدو اجراءات الحماية من التشويش . قطع او خرق الاتصالات اللاسلكية العملياتية ـ التكتيكية القيادية واتصالات التعاون لتجمعات العدو المنسحبة و المحاصرة الكبيرة (جيوش الشمال) المشكل من 3 جيوش وفيلقين واركانات المدفعية .	خرق الاتصالات العملياتية ـ التكتيكية للقوات المنسحبة والمحاصرة اثناء استخدام العدو للاتصالات السلكية الامنية في بداية العملية . بداية تشكيل تشويش راديوي ضد اتصالات قيادة مدفعية العدو البرية .
عملية فيسا ـ اودريسكي . (كانون الثاني ـ شباط 1945) .	تشكيل تشويش راديوي ضد الاتصالات اللاسلكية العملياتية لتجمعات قوات العدو الكبيرة على التوازي مع اخراج خطوط الاتصالات السلكية من الجاهزية ، التي كانت تربطها مع موقع عسكري في بريسل :	كتيبتا تشويش رادبوى .	قطع استقبال اكثر من 1000 برقية لاسلكية عملياتية بواسطة التشويش الالكتروني، قطع اتصالات التعاون اللاسلكية بين وحدات وتشكيلات مجموعة جيوش "المركز" وثلاثة جيوش وثلاثة تجمعات من القوات محاصرة في منطقة بوزنان"	تنفيذ اساليب "الحصار الراديوي" ضد القوات المحاصرة .

1	2	3	4	5
			الواقعة في الغرب من بريسل وغلوغاي مع اركانات جيش دبابات ومدفعية ميدان وفيلق جوي ومجموعة سطع جوي قريب كما قطعت اتصالات قيادة المدفعية وتوجيه الطائرات القتالية وطائرات النقـــل العسكري . ادى فقدان العدو لاتصالاته الى اسراعه في تسليم موقعه العسكري المحاصر في بريسل .	
عملية بروسيا الشرقية (كانون اول – نيسان 1945) .	قمع العدو راديويا بالتعاون مع وحدات السطع الراديوي وتشكيـــل تشويش الكتروني ضد الاتصالات العملياتية – التكتيكية للتجمعات المحاصرة في بروسيا الشرقيـــة في ظروف استخدام العدو تدابيـــر الوقاية من التشويش الالكتروني .	كتيبتا تشويش الكتروني .	خرق وقطع اتصالات القيـــادة والتوجيه العملياتية ـ التكتكية اثناء الهجوم على الجبهات بواسطة التشويش الراديوي . خرق وقطع اتصالات التعاون بين اركانات ثلاثة جيوش دبابات ومدفعية ميدان و ثلاثة فيالق و 15 فرقة تابعة لمجموعة جيوش "الشمال" وادخال ضياع في تنظيم الاتصالات اللاسلكية لمجموعة القوآت المحاصرة في منطقة كنفسبرغ ومنطقة هيلسبرغ المحصنـــة والواقعة على شبه جزيـــرة	تنفيذ التعاون بين وحدات التشويش الالكتروني ووحدات المدفعية لادخال ضياع في تنظيـــم قيادة وتوجيه مجموعات القوات المحاصرة .

1	2	3	4	5
			زملاند • أخرجت المدفعية اكثر خطوط الاتصالات السلكية للقوات المحاصرة المعادية من الجاهزية • تمت الحيلولة دون استقبال 6000برقية لاسلكية عملياتية •	
عملية برلين الهجومية (نيسان – ايار 1945)	فضح العدو راديويا بالتعاون مع وحدات السطع الراديوي وتشكيل التشويش ضد الاتصالات اللاسلكية العملياتية والتشويش الراداري ضد محطات رادار "قوات الدفاع الجوي التابعة للقوات المدافعة والمحاصرة المعادية • توجيه ضربات جوية ومدفعية على مراكز القيادة وعقد الاتصال ومراكز المراقبة البصرية والبروجكتورات المعادية •	كتيبتا تشويش راديوي ووسائط جوية لتشكيل تشويش سلبي ضد محطات الرادار •	الاخلال بنظام اتصالاتالقيادة والتعاون لقوات مجموعة جيوش" فسيل" و"المركز" و اربعة جيوش دبابات ومدفعية مبدان وثلاثة فيالق وخمس فرق معادية • قطع الاتصالات مع القيادة العليا الالمانية وبسبب غياب"فقدان" الاتصالات ثم الحد من المعرفة الصحيحة للوضع المتشكل لاركانات القوات ولم تستطع الاخيرة قيادة القوات التابعة والقيام بعمليات متتالية منظمة • أما التشويش السلبي المتشكل من قبل الطائرات فعقدعملية كشف الطائرات المديقة السوفيتية " وتوجيه نيران الـ م/ط ضدها ،وساعد توجيه الضربات ضد مواقع العدو •	بداية تشكيل التشويش ضد محطات رادار الدفاع الجوي المعادية من قبل وسائط تشكيل التشويش الالكتروني الطائرة على التوازي مع تدمير مراكز القيادة وعقد الاتصالات ومحطات رادار الدفاع الجوي •

1	2	3	4	5
			الاخلال بنظام قيادة وتعاون القوات البرية وقوىووسائط الدفاع الجوي وساهم الطيران مساهمة فعالة في تدمير تجمعات قوات العدو بالقرب من برلين وفي برلين بالذات	
	الحرب الالكترونية في الحروب الاقليمية .			
حرب كوريا (1951 - 1953)	تشكيل الطيران الامريكي لتشويش راداري ضد محطات رادار الكشف والدلالة عن الأهداف وتوجيه نيران بطاريات م/ط والبروجكتورات الراديوية لقوات الدفاع الجوي الكورية . حماية محطات رادار الدفاع الجوي الكورية من التشويش.	مرسلات تشويش الكتروني ايجابي جوية ،تجهيزات تشكيل تشويش سلبي ضد محطات الرادار (اشرطة طويلة من القصدير وعواكس ديبولية رادارية) ،وباستخدام مشكلات التشويش الالكتروني ضد محطات الرادار ،ثم التشويش على محطات الرادار من على بعد (20 - 25)كم من مواقع العدو . تجهيزات تبديل الترددات (التوليف) على التردد العامل) الموجودة في محطات رادارقوات الدفاع الجوي الكورية .	ان التشويش الالكتروني الايجابي الفعال،واعماء شاشات محطات الرادار،عقد واحيانا قطعا (اوقفا) عمل محطات الرادار والبروجكتورات الراديوية العاملة على المجالين السنتميتري والمتري للامواج أما التشويش السلبي فعقد من مهمة تحديد احداثيات الاهداف الجوية حينما شكل على شاشاتالرادار اهدافا كاذبة اوقطاعات شديدة الاضائة . تمكن التشويش السلبي والايجابي المختلط من تعقيد عملية كشف الاهداف وتوجيه النيران عليها وخاصة من قبلمدافع م/ط .	نظرا لاستخدام الولايات المتحدة (القوات الجوية) تكنولوجيا قديمة في المعاكسة الالكترونية كانت قد استخدمت أبان الحرب العالمية الثانية لم يؤثر التشويش بشكل فعال على قوات الدفاع الجوي الكورية ولا على الحد من خسائر الطائرات الامريكية .

1	2	3	4	5
			لوحظ انخفاض تأثير التشويش الالكتروني ،عند اللجوء الى تغيير ترددات محطات الرادار العاملة .	
حرب فيتنام (1964 -1973)	تشكيل تشويش سلبي وايجابي من التراتب القتالية ومن مناطق اخرى. تدمير وتضليل محطات رادار الدفاع الجوي الفيتنامي او اخراجها من الجاهزية .	10 انواع من محطات التشويش الالكتروني الايجابي و 5 انواع من الرشاشات القاذفة للعواكس الدبولية الراديوية ،مستخدمة من قبل طائرات القصف ومشكلات التشويش من نماذج EB-66 ، EC - 121A اهداف رادارية كاذبة ،ومرسلات تشويش الكتروني. منظومة انذار اقم الطائرات عن وجود اشعاع راداري . تجهيزات حماية محطات رادار توجيه الصواريخ ومدفعية م/ط من التشويش الراديوي .	في مرحلة الحرب الاولى (آب 1964-1967) وعندما كانت تستخدم وسائط محدودة للانذار عن وجود اشعاعات رادارية ووسائط تشويش الكتروني مركبة على (1-2) طائرة من طائرات المجموعات الضاربة ومشكلات التشويش ، عندها لم يتم تأمين تغطية المجموعات الضاربة القاصفة وعدم اسقاطها بواسطة وسائط الدفاع الجوي . في المرحلة الثانية من الحرب (1967 - 1968) وعندما بدأت المجموعات الضاربة المتماسكة تستخدم محطات تمويه وتضليل الكتروني و طائرات الحرب الالكترونية طراز EB -66E ، التي عملت في مناطق الاعمال القتالية ،ثم التوصل الى تعقيد	

1	2	3	4	5
			اعمال الحرب الالكترونية و استخدام الصواريخ م/ط و مدفعية م/ط ضد الطائرات الا أن سلاح الجو الامريكي تكبد خسائر كبيرة في تشرين الثاني عام 1968 وتوقف عن توجيه ضربات على مواقع جمهورية فيتنام الديمقراطية. في المرحلة الثالثة للحرب(1970 تشرين الثاني 1973)لوحظ استخدام واسع للطيران التكتيكي والاستراتيجي وطائرات الحرب الالكترونية EB -66E و EA-6B، المركب عليها وسائط حديثة جدا للتشويش الالكتروني والاهداف الكاذبة على التوازي مع تطوير اعمال المناورات. وأصبح عدد الطائرات التي تستخدم وسائط الحرب الالكترونية اكبر ب(2 - 3) مرة من الطائرات الضاربة .	

1	2	3	4	5
الحرب العربية ـ الاسرائيلية (حزيران 1967)	تشكيل تشويش الكتروني وتضليل الكتروني وتوجيه ضربات جوية ضد مراكز منظومات قيادة قوات الدول العربية . تدمير مجموعات التخريب لخطوط الاتصالات السلكية على شبه جزيرة سيناء .	مرسلات تشويش ذات استطاعات عالية ومحطات تشويش الكتروني ومحطات تضليل معلوماتية .	تم قطع الاتصالات اللاسلكية للقيادة الموحدة بين عواصم سوريا ومصر والاردن وتخريب نظام الاتصالات العملياتية واعماء محطات رادار الكشف البعيد وتوجيه وسائط الدفاعات الجوية والطيران المطارد لقوات الدول العربية المسلحة ،وذلك بواسطة التشويش الالكتروني. الدخول الى شبكات اتصالات قيادة وتوجيه الطيران ، ووحدات الدبابات وارسال اوامر ومهمات كاذبة ،وتوجيه الطائرات والدبابات الى مواقع كانت تحتلها القوات الاسرائيلية ، اخراج 14 فرقة مصرية الى غرب قناة السويس ، الامر الذي جعلها لاتستطيع القيام بعمليات هجوم معاكس ضد القوات الاسرائيلية .	ان الاجراءات المختلطة من المعاكسة الالكترونية والتضليل الراديوي اثناء الاعداد والقيام بالعدوان الاسرائيلي ،عقدت واحيانا عطلت . قيادة القوات البرية وسلاح الطيران وقوى الدفاع الجوي للدول العربية والتعاون بينها ،وسمحت بامتلاك زمام المبادرة والمفاجأة الامر الذي زاد من فاعلية اعمال العدوان وساهم مساهمة فعالة في اداء توجيه ضربات قوية ضد قوات مصر وسوريا والاردن المسلحة .

1	2	3	4	5
الحرب العربية الاسرائيلية 6-25 تشرين اول 1973)	تشكيل تشويش ضد الاتصالات اللاسلكية ومحطات الرادار انطلاقا من التراتيب القتالية وقطاعات اخرى ، استخدام التضليل الراديوي من قبل قوات مصر واسرائيل .	افواج ومراكز وكتائب حرب الكترونية ، طائرات حرب الكترونية بطيار وبدون طيار وسائط تشويش ايجابي وسلبي اهداف راديوية وحرارية كاذبة وسائط وطرق تضليل راديوي ، وسائط حماية الوسائط الالكترونية الفنية للاطراف المتحاربة من الاعماء الالكتروني .	تمكنت وحدات الحرب الالكترونية الاسرائيلية البرية من التأثير على 70% من الاتصالات اللاسلكية لفرق و الوية القوات البرية العربية ودمرت المدفعية وسلاح الدبابات حوالي 100 محطة رادار و منظومة دفاع جوي صاروخية لسوريا ومصر ، اما وسائط الحرب الالكترونية المركبة على الطائرات الاسرائيلية فعقدت عمل محطات رادار الدفاع الجوي المصري والسوري وجعلت عملية كشفها للاهداف الجوية وتوجيه الطيران المطارد والصواريخ م/ط . فقدت اسرائيل في الإسبوع الإول من الحرب ، بسبب انخفاض قدرة سلاحها الجوي على التشويش ، من 60% - 70% من الطائرات المسقطة طيلة فترة الحرب . ومع ازدياد كثافة استخدام التشويش والاهداف الكاذبة انخفض عدد الخسائر من الطائرات انخفاضا كبيرا ، اما فاعلية الدفاعات	

1	2	3	4	5
			الجوية المصرية فانخفضت الى (3 -4) مرة • رفع استخدام التشويش السلبي من قبل الاسطول البحري الاسرائيلي من فاعلية اعمال زوارقهاالصاروخية بمعدل (5 - 6) مرات• مكنت الارسالات اللاسلكيـــــة الاسرائيلية الكاذبة والتضليلية من تغيير اتجاهات هجــــوم وحدات الجيوش العربية • وادى التشويش على اتصالات الامواج القصيرة جدا الى تعقيد عملية توجيه المطاردات السورية الى اهدافها • وعندما استخدمت اهداف حرارية كاذبة ،لوحظ انخفاض فاعلية منظومات الصواريخ م/طالموجهة للاطراف المتصارعة • وبواسطة الاستخدام الواســع للتشويش الالكتروني المشكـــل من قبل الطيران السوري،تم خرق خطوط ملاحة الطائرات الاسرائيلية وتوجيههالصواريخ م/ط"هوك"وبمقدار(5- 10) مرات انخفضت الخسائر مـــن الطائرات السورية •	

الفهرست

الاعماء الالكتروني

الحرب الالكترونية في الاعمال القتالية

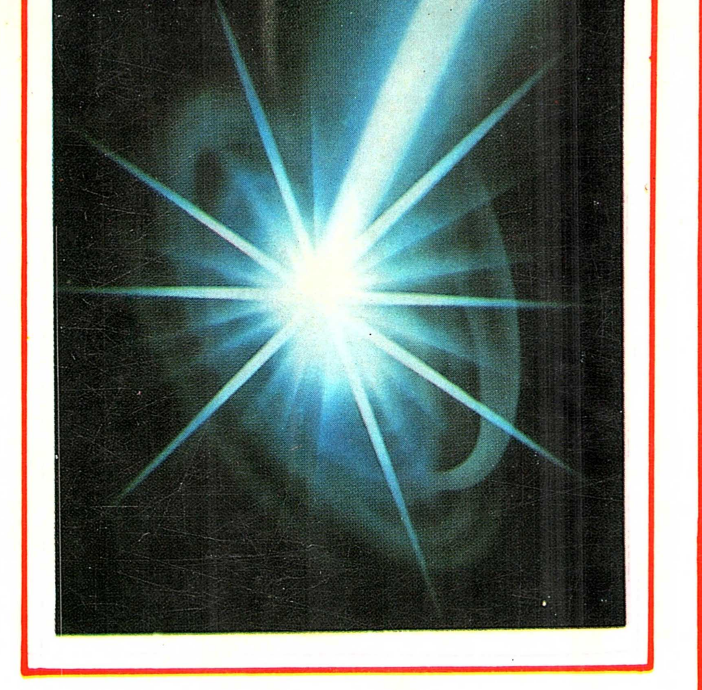
الحرب الالكترونية في الحروب

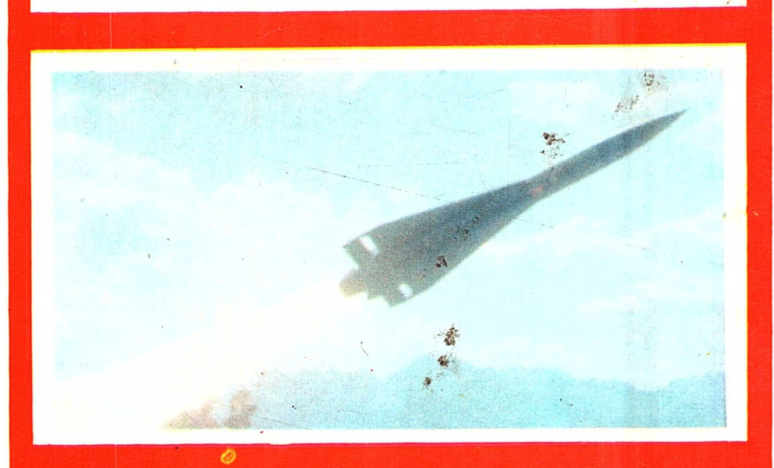
من أعمال المترجم

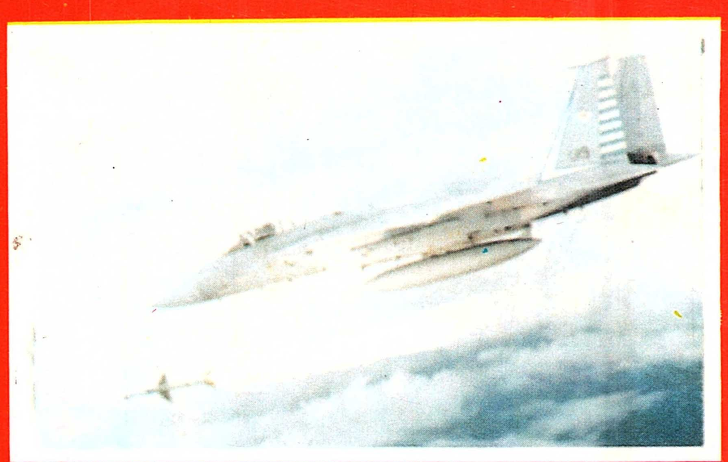
1 ـ البرجوازية الصغيرة كمشكلة أخلاقية اجتماعية — دار الحصاد
2 ـ ملفات أدبية (غوركي ـ باسترناك ـ حمزاتوف) . — دار الحوار

سيصدر قريباً

1 ـ روزا لوكسمبورغ . — دار الحوار
2 ـ سوريا بين خمس حضارات . — دار الأبجدية
3 ـ مسرحية كاليجولا ـ البير كامو .
4 ـ تروتسكي بين الحقيقة والاسطورة .
5 ـ معنى الحياة ـ السعادة ـ الأخلاق .
6 ـ علم أخلاق السعادة .









موسوعة

الحرب الالكترونية

لاريب في أن الحرب الالكترونية أصبحت تلعب دوراً مقرراً في الحروب الحديثة كما تجلى في حرب الخليج .

وهذه الموسوعة تدرس الحرب الالكترونية بمختلف جوانبها : الإعماء الالكتروني - الحماية الالكترونية - تدابير القيام بالحرب الالكترونية . . كما تعمم الخبرات المستقاة من الأعمال القتالية والحروب في هذا المجال . وتتضمن سرداً للمواصفات الفنية والتكتيكية للوسائط الالكترونية وحاملاتها المستخدمة في جيوش الدول الغربية ، بما فيها اسرائيل .

إن هذه الموسوعة هي الزاد الذي لابد منه اليوم للمقاتلين العرب ضباطاً وصف ضباط وأفراداً ، الذين يتطلعون إلى نيل ثقافة عسكرية علمية متطورة تساعد على تحقيق النصر في المعارك القومية المصيرية ، فضلاً عن الفائدة الهامة التي تقدمها للفنيين وللقراء عامة .

السعر 500 ل.س 25$